

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

**ÉTUDE DES HORAIRES DE TRAVAIL DANS UN CENTRE D'APPELS
PAR LA SIMULATION À ÉVÉNEMENTS DISCRETS ET LA MÉTHODE
TAGUCHI**

**MÉMOIRE PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE DE LA
MAÎTRISE EN GÉNIE INDUSTRIEL**

**PAR
OMAR JAIBI**

Octobre 2019

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

Ce mémoire a été dirigé par :

Chantal Baril, directrice de recherche, Ph. D. Université du Québec à Trois-Rivières.

Viviane Gascon, codirectrice de recherche, Ph. D. Université du Québec à Trois-Rivières.

Jury d'évaluation du mémoire :

Chantal Baril, Professeure, département du génie industriel, à l'Université du Québec à Trois-Rivières.

Amina Lamghari, Professeure, département de management, à l'Université du Québec à Trois-Rivières.

Denis Lagacé, Professeur, département du génie industriel, à l'Université du Québec à Trois-Rivières.

DÉDICACES

Je dédie ce travail,
À celle qui m'a toujours chéri et aimé
Ma défunte Grand-Mère Zoulaikha
À mes chers oncles Fathi, Taoufik et Nouredine
Que DIEU, le Tout-Puissant
Leur accorde son infinie miséricorde
Et les accueille dans son éternel paradis

REMERCIEMENTS

Je remercie toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin à bien faire ce travail.

Je remercie ma directrice de projet Chantal Baril pour sa confiance et ses précieux conseils.

Je remercie ma codirectrice de projet Viviane Gascon pour son encadrement, ses précieux conseils et toute l'aide qu'elle m'a apportée tout au long de ce travail.

Je remercie mon professeur Georges Abdul-Nour pour ses précieux conseils, son accueil et son professionnalisme.

Je remercie Hélène Milette pour son apport technique et ses précieux conseils.

Je remercie ma mère Rafia pour tous ses sacrifices ; sans qui je ne serais jamais parvenu à être qui je suis aujourd'hui.

Je remercie ma douce moitié et ma source d'énergie, ma femme Rim, qui depuis le début de cette expérience n'a cessé de croire en moi et de m'encourager.

Je remercie mon fils Youssef qui n'a cessé de remplir ma vie de joie et de bonheur depuis son premier jour parmi nous.

Je remercie toute ma famille, et spécialement mon oncle Lotfi ainsi que ma tante Radhia, pour leurs soutiens.

Merci

RÉSUMÉ

L'industrie des centres d'appels a connu une forte augmentation ces dernières années. En effet, les entreprises et organismes ont compris l'énorme gain économique réalisable en maintenant une relation directe avec leurs clients. Or, pour satisfaire leurs besoins, les centres d'appels doivent répondre aux usagers dans les plus brefs délais. Pour le bon déroulement des opérations, les centres d'appels doivent élaborer les horaires des intervenants qui répondent aux appels. Cette gestion d'effectif est l'une des tâches les plus difficiles pour les gestionnaires. Ils sont obligés d'essayer d'autres techniques de gestion et de mise en place des horaires de travail dans le but d'améliorer leur productivité et répondre à un maximum d'appels. Cependant, la mise en place d'un horaire des intervenants est sujette à une contrainte importante : les appels entrants sont difficiles à prédire.

Le Centre Intégré Universitaire de Santé et des Services Sociaux de la Mauricie et du Centre du Québec (CIUSSS-MCQ) rassemble toutes les institutions de santé publique et les services sociaux de la Mauricie Centre du Québec¹. Le CIUSSS-MCQ gère un centre d'appel, 811 Info-Santé et Info-Social. Ce centre répond aux appels traitant de questions de santé non urgentes et à des appels de nature sociale (anxiété, dépression, suicide, etc.).

La difficulté à laquelle fait face le CIUSSS-MCQ réside dans la mise en place d'un horaire de travail qui permettra de répondre au maximum d'appels tout en réduisant le temps d'inactivité des intervenants.

La première étape est de comprendre le cheminement des appels et de tracer les cartographies des appels. Ces dernières ont été utilisées pour développer un modèle de simulation, avec le logiciel Arena. La validation du modèle a été faite à partir des données recueillies des fichiers de performances fournis par le CIUSSS-MCQ. Une fois le modèle validé, des scénarios de répartitions

¹ <https://ciusssmcq.ca>

des intervenants dans divers horaires de travail ont été testés afin de répondre aux attentes des gestionnaires. Tout ce travail, a permis d'identifier le scénario le plus performant.

La recherche a abouti à deux résultats. Le premier, à la suite de la mise en place d'un plan d'expériences, a permis de montrer que l'horaire actuel est statistiquement le plus performant. Le second résultat indique, par un plan Taguchi, que l'horaire actuel est le moins robuste des quatre scénarios testés par le modèle de simulation à événements discrets, face à l'augmentation des variables bruit.

Table des matières

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION	1
1.1 Problématique.....	2
1.2 Question de recherche	3
CHAPITRE 2 : REVUE DE LA LITTÉRATURE	5
2.1 Cheminement des appels	5
2.2 Arrivée des appels	6
2.2.1 Prévion du nombre d'appels.....	6
2.2.2 Estimation du temps d'attente.....	7
2.3 Planification des ressources	8
2.3.1 Abandon des appels	10
2.3.2 Multi compétence	11
2.3.3 Travail après appel.....	12
2.4 La qualité de service.....	12
2.5 Simulation et plan d'expériences	13
2.6 Conclusion.....	14
CHAPITRE 3 : MÉTHODOLOGIE	15
3.1 Cartographie des processus	15
3.1.1 Info-Santé : appels de la clientèle générale	15
3.1.2 Info-Santé : appels de la clientèle enregistrée	16
3.1.3 Info-Social : appels de la clientèle générale	18
3.1.3.1 Info-Social : appels de type Crise	18
3.1.3.2 Info-Social : appels de type Info	18
3.1.4 Appels partenaires.....	19

3.2 Collecte et analyse des données	20
3.2.1 Appels reçus et répondus	21
3.2.1.1 Appels Info-Santé.....	21
3.2.1.2 Appels Info-Social.....	22
3.2.2 Nombre et horaires des intervenants.....	24
3.2.3 Données sur les appels.....	25
3.2.3.1 Nombre d'appels répondus.....	25
3.2.3.2 Durée de traitement des appels.....	25
3.2.3.3 Temps d'attente	26
3.2.3.4 Temps de complétion des fiches (travail après appel)	26
3.3 Modélisation du centre d'appels	26
3.3.1 Entités et taux d'arrivée des appels.....	26
3.3.2 Ressources	29
3.3.3 Distributions Statistiques	32
3.3.4 Régime transitoire.....	33
3.3.5 Validation du modèle de simulation	34
CHAPITRE 4 : ANALYSE ET RÉSULTATS DU PLAN D'EXPÉRIENCES À UNE VARIABLE.....	36
4.1 Plan d'expériences à une variable	36
4.1.1 La variable réponse	36
4.1.2 Les variables de contrôle	36
4.2 Analyse des scénarios proposés avec les temps de complétion de fiche (avec zéro).....	38
4.3 Analyse des scénarios proposés avec les temps de complétion de fiche (sans zéro)	40
CHAPITRE 5 : ANALYSE ET RÉSULTATS DU PLAN D'EXPÉRIENCES TAGUCHI.....	44

5.1 Plan Taguchi.....	44
5.1.1 Les variables bruit.....	44
5.2 Analyse du plan Taguchi avec les temps de complétion de fiche (avec zéro)	46
5.3 Analyse du plan Taguchi avec les temps de complétion de fiche (sans zéro)	49
5.3.1 Taux d'arrivée des appels	50
5.3.2 Augmentation de la durée des appels	51
5.3.3 Augmentation du temps de complétion de la fiche.....	52
CHAPITRE 6 : CONCLUSION	54
6.1 Synthèse de la recherche	54
6.2 Limitations	55
6.3 Contributions scientifiques.....	56
6.4 Avenues futures de recherche	56
LISTE DES RÉFÉRENCES	57
ANNEXE 1 : MODÉLISATION DES PROCESSUS	61
A1.1 Modélisation du jour de la semaine	61
A1.2 Modélisation de la période la journée.....	61
A1.3 Modélisation des appels entrant de la clientèle enregistrée.....	62
A1.4 Modélisation des appels entrant Santé.....	62
A1.5 Modélisation des appels entrant Crise	63
A1.6 Modélisation des appels entrant Info	63
A1.7 Modélisation des appels Partenaire entrant	64
A1.8 Modélisation des appels Partenaire sortant.....	64
A1.9 Modélisation du bloc ASI.....	65
A1.10 Modélisation du bloc Infirmières.....	65

A1.11	Modélisation du bloc Priorité	66
A1.12	Modélisation du bloc appels sociaux	67
A1.13	Modélisation du bloc réponse appel Partenaire entrant	67
A1.14	Modélisation du bloc appel Partenaire sortant.....	68
A1.15	Modélisation du bloc triage d'appel	68
A1.16	Modélisation du bloc compteurs et durées d'appels.....	69
ANNEXE 2 : ANALYSE DES DONNÉES RÉSIDUELLES EN CONSIDÉRANT LES TEMPS DE COMPLÉTION DE FICHE NULS LORS DE LA COMPLÉTION DE LA FICHE.....		71
ANNEXE 3 : ANALYSE DES DONNÉES RÉSIDUELLES EN CONSIDÉRANT LES LES TEMPS DE COMPLÉTION DE FICHE NULS.....		73

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3.1 : Nombre d'appels reçus et répondus annuellement par Info-Santé.....	22
Tableau 3.2 : Nombre d'appels reçus et répondus annuellement par Info-Social.....	24
Tableau 3.3 : Horaires de travail	24
Tableau 3.4 : Nombre d'intervenants planifié (réel) – Info-Santé du 1 au 7 avril 2017	25
Tableau 3.5 : Nombre d'appels répondus par types du 1 ^{er} au 7 avril 2017	27
Tableau 3.6 : Distributions statistiques du modèle	33
Tableau 3.7 : Temps d'attente simulé vs réalité.....	35
Tableau 3.8 : Nombre d'appels répondus simulé vs réalité du 1 ^{er} au 7 avril 2017	35
Tableau 4.1 : Situation actuelle et scénarios 1 à 8	37
Tableau 4.2 : Temps d'attente pour les appels Santé avec 0.....	38
Tableau 4.3 : Analyse de la variance.....	38
Tableau 4.4 : Récapitulatif du modèle	39
Tableau 4.5 : Informations de groupement avec la méthode de Tukey	39
Tableau 4.6 : Temps d'attente pour les appels Info-Santé sans 0	40
Tableau 4.7 : Analyse de variance	40
Tableau 4.8 : Récapitulatif du modèle	41
Tableau 4.9 : Informations de groupement avec la méthode de Tukey	41
Tableau 4.10 : Récapitulatif des scénarios retenus	42
Tableau 4.11 : Répartition des ressources.....	42
Tableau 5.1 : Les variables bruit et leurs niveaux.....	44
Tableau 5.2 : Nouvelles distributions après augmentation	46
Tableau 5.3 : Temps d'attente pour les appels Info-Santé (plan Taguchi) sans 0.....	47
Tableau 5.4 : ANOVA	47
Tableau 5.5 : Temps d'attente et ratios Signal/Bruit.....	49
Tableau 5.6 : Nouvelles distributions statistiques après augmentation.....	49
Tableau 5.7 : Temps d'attente à la suite d'une augmentation des taux d'arrivée des appels.....	50
Tableau 5.8 : Tableau comparatif des moyennes du temps d'attente suite à la variation du taux d'arrivée des appels.....	51

Tableau 5.9 : Temps d'attente à la suite d'une augmentation de la durée des appels.....	51
Tableau 5.10 : Tableau comparatif des moyennes du temps d'attente suite à l'augmentation de la durée des appels	52
Tableau 5.11 : Temps d'attente suite à l'augmentation du temps de complétion de la fiche.....	52
Tableau 5.12 : Tableau comparatif des moyennes du temps d'attente suite à l'augmentation du temps de complétion de la fiche	53

LISTE DES FIGURES

Figure 3.1 : Cartographie des appels de la clientèle générale (Info-Santé).....	16
Figure 3.2 : Cartographie des appels de la clientèle enregistrée (Info-Santé).....	17
Figure 3.3 : Cartographie des appels de la clientèle générale Info-Social	19
Figure 3.4 : Cartographie des appels de la ligne partenaire (Info-Social).....	20
Figure 3.5 : Nombre d'appels reçus de 2014 à 2017 — Info-Santé.....	21
Figure 3.6 : Nombre d'appels répondus de 2014 à 2017 — Info-Santé.....	22
Figure 3.7 : Nombre d'appels reçus de 2014 à 2017 — Info-Social.....	23
Figure 3.8 : Nombre d'appels répondus de 2014 à 2017 — Info-Social	23
Figure 3.9 : Nombre d'appels répondus par heure du 1 au 7 avril 2017 pour Info-Santé.....	28
Figure 3.10 : Nombre d'appels répondus par heure du 1 au 7 avril 2017 pour Info-Santé, clientèle enregistrée	28
Figure 3.11 : Nombre d'appels répondus par heure du 1 au 7 avril 2017 pour Info-Social Crise	29
Figure 3.12 : Nombre d'appels répondus par heure du 1 au 7 avril 2017 pour Info-Social Info.....	29
Figure 3.13 : Horaire quart de nuit par périodes de 15 min	30
Figure 3.14 : Horaire quart de jour par périodes de 15 min	31
Figure 3.15 : Horaire quart du soir par périodes de 15 min	31
Figure 3.16 : Régime transitoire.....	34
Figure 5.1 : Graphiques des effets des variables bruit	48
Figure A1.1 : Modélisation du jour de la semaine	61
Figure A1.2 : Modélisation de la période la journée.....	61
Figure A1.3 : Modélisation des appels entrant de la clientèle enregistrée.....	62
Figure A1.4 : Modèle des appels entrant Santé.....	63
Figure A1.5 : Modèle des appels Info-Social de type Crise.....	63
Figure A1.6 : Modèle des appels Info-Social de type Info	64
Figure A1.7 : Modèle des appels partenaires entrants	64
Figure A1.8 : Modèle des appels partenaires sortants.....	65
Figure A1.9 : Modèle des appels répondus par l'ASI.....	65
Figure A1.10 : Modèle des appels répondus par les infirmières	66

Figure A1.11 : Modèle des appels Info-Social de type crise répondus par les infirmières.....	66
Figure A1.12 : Modèle des appels répondus par les intervenant sociaux	67
Figure A1.13 : Modèle de réponse aux appels partenaires entrant	67
Figure A1.14 : Modèle de réponses aux appels partenaires sortants	68
Figure A1.15 : Modèle triage des appels.....	69
Figure A1.16 : Modèle compteurs et durées des appels.....	70
Figure A2.1 : Histogramme des valeurs résiduelles.....	71
Figure A2.2 : Droite d'Henry des valeurs résiduelles.....	72
Figure A3.1 : Histogramme des valeurs résiduelles.....	73
Figure A3.2 : Droite d'Henry des valeurs résiduelles.....	74

ABRÉVIATIONS

CIUSSS-MCQ – Centre Intégré Universitaire de Santé et des Services Sociaux de la Mauricie et du Centre du Québec

ASI – Assistante en Soins Infirmiers

TMCF - Temps Moyen de Complétion de la Fiche

CLSC - Centre Local de Service Communautaire

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION

Un centre d'appel est un espace de travail qui regroupe un ensemble d'intervenants, de bureaux, d'ordinateurs et, bien sûr, des appareils téléphoniques. Ce regroupement a pour but d'offrir un service à la clientèle ou un service d'après-vente, le plus souvent par l'intermédiaire des appels téléphoniques (Gans *et al.*, 2003; Robbins, 2007). Selon Aksin *et al.* (2007); Mikaeili (2017), les centres d'appels sont le principal canal de communication entre les industries et leurs clients. Depuis que les outils informatiques et les technologies de l'information sont de plus en plus performants et accessibles financièrement, le nombre de centres d'appels ne cesse d'augmenter. En pratique, deux types de centres d'appels existent. Tout d'abord, il y a les centres d'appels où l'utilisateur appelle pour recevoir un service (inbound call). Ces centres proposent souvent un service à la clientèle tel que le service après-vente ou de l'assistance technique. Le deuxième type regroupe les centres où les intervenants appellent les usagers (outbound call) pour la vente ou pour des sondages, par exemple (Gans *et al.*, 2003; Mikaeili, 2017). Certains centres, recevant les appels des usagers, offrent la possibilité de les rappeler lorsque les temps d'attente sont trop longs et qu'ils n'ont plus la patience de rester en ligne. Ces derniers laissent leur numéro dans le but qu'on les rappelle dans les plus brefs délais. Ce sont les centres d'appels mixtes (blend center's) (Avramidis et L'Écuyer, 2005; Legros *et al.*, 2016).

Le centre d'appels 811 Info-Santé Info-Social, sur lequel porte la recherche, est principalement un centre de réception d'appels. Dans certains cas précis, le centre peut émettre des appels vers ses partenaires, soit la police, les ambulanciers ou les infirmières du CIUSSS en soutien à domicile. Ce centre d'appels traite les appels pour Info-Santé, Info-Social et les appels en lien avec les partenaires. Tous ces appels sont importants et tous doivent être répondus.

Les appels pour Info-Santé sont des appels non urgents permettant à la clientèle de poser des questions sur des problèmes de santé peu complexes. Ils proviennent soit d'une clientèle générale, soit d'une clientèle enregistrée. La clientèle générale appelle en composant le 811 pour, par exemple, s'informer sur un médicament, se renseigner sur les recommandations au sujet d'un enfant fiévreux ou présentant des symptômes d'une maladie saisonnière, etc. Cette pratique permet de réduire l'achalandage dans les urgences. Ces appels sont répondus par des infirmières.

La clientèle enregistrée regroupe des usagers dont l'état de santé demande un suivi régulier à domicile par des infirmières du CIUSSS à la suite d'une chirurgie, par exemple.

Pour ce qui est des appels pour Info-Social, le centre traite deux types: les appels sociaux pour des situations de crise et les appels sociaux pour informations et renseignements. Les appels de type crise sont prioritaires et passent donc avant les appels de types Info dans la file d'attente. Contrairement aux appels pour Info-Santé, ce sont des intervenants sociaux qui répondent aux appels et non des infirmières.

Le centre traite aussi les appels dits *partenaires*. Les partenaires sont, par exemple, les policiers ou des ambulanciers qui se trouvent sur les lieux d'une situation urgente. Ces appels sont reçus sur une ligne interne. Les appels partenaires peuvent être des appels entrant ou parfois sortant.

Pour les centres d'appels, les ressources humaines sont très importantes. Elles permettent le bon déroulement des services dans le centre. Cependant, un nombre de ressources inadéquat peut avoir un impact au niveau financier ou sur la qualité de service. La planification d'un nombre d'intervenants plus important que nécessaire implique des coûts additionnels. Cependant, planifier un nombre en deçà de celui requis fera augmenter les temps d'attente et donc baisser la qualité de service.

1.1 Problématique

Le problème qui se pose, pour le 811 Info-Santé et Info-Social, est que le type d'appels est important car il concerne des questions directement reliées à la santé, il faut donc y répondre dans les plus brefs délais. Le nombre d'appels change d'une heure à une autre, d'un jour à l'autre et d'une saison à une autre. Cependant, des profils, quant au nombre d'appels reçus, ont été observés en fonction de la période de temps retenue. Il est donc important de connaître l'historique des appels et les périodes de pics des appels reçus. Cela permet d'établir un horaire de travail qui répond aux besoins mensuels et journaliers. Il faut cependant tenir compte des situations particulières ayant un impact sur le nombre d'appels reçus comme lorsque le Québec connaît une période de grippe.

Pour démontrer que le centre est compétitif aux yeux du Ministère de la Santé et des Services Sociaux du Québec, les services 811 Info-Santé Info-Social du CIUSSS-MCQ cherchent à réduire le temps d'attente des usagers qui peut nuire à la qualité de service.

Ce mémoire s'intéresse à la problématique de la planification des ressources humaines, c'est-à-dire les intervenants du service Info-Santé, en fonction du volume d'appels entrant. Il ne traitera pas de cet aspect pour Info-Social qui ne présente pas une situation aussi problématique. En effet, dû au manque en personnel à certaines périodes de la journée et de la semaine, les temps d'attente et les pertes d'appels (appels dirigés vers un autre centre ou interruption volontaire par l'utilisateur) peuvent être assez élevés chez Info-Santé. À d'autres moments, on assiste à des périodes d'inactivité lorsque le nombre d'intervenants dépasse les besoins du centre d'appels.

1.2 Question de recherche

La question de cette recherche est donc : comment organiser les horaires de travail des infirmières afin de diminuer le temps d'attente des usagers pour les services du centre d'appels Info-Santé?

L'objectif principal de cette recherche est de déterminer le nombre d'infirmières par quart de travail qui minimise le temps d'attente des usagers tout en maintenant un taux adéquat d'utilisation des intervenants.

Pour répondre à la question principale de recherche, il faudra comprendre le cheminement des appels depuis leur réception par un intervenant jusqu'au moment où ce dernier redevient disponible pour répondre aux appels suivants. Par la suite, nous développerons un modèle de simulation à événements discrets. Le modèle de simulation sera testé et validé à partir des données recueillies. Enfin, une fois le modèle validé, des scénarios d'amélioration seront testés afin de mesurer leur impact sur le temps d'attente. Sur la base d'un plan d'expériences à une variable, et à partir des réponses obtenues, il sera possible de déterminer l'effet des variables indépendantes sur le temps d'attente et de déterminer les scénarios qui sont statistiquement performants. Par la suite, un plan d'expériences croisé Taguchi sera réalisée sur les scénarios pour déterminer ceux qui résisteraient le mieux aux variables bruit, comme l'augmentation de la durée ou du taux d'arrivée des appels.

Dans ce mémoire, les cartographies représentant le cheminement des appels reçus seront d'abord présentées. Dans un deuxième temps, une analyse de l'historique des appels, des périodes de plus fortes demandes et les saisonnalités a été effectuée pour avoir une idée de la fréquence, la durée et du type des appels entrants. Par la suite, le développement d'un modèle de simulation permettant d'analyser la situation actuelle et les scénarios proposés est décrit brièvement. Un plan

d'expériences à une variable permettra de déterminer les scénarios les plus statistiquement représentatifs. Et à la fin, un plan d'expériences croisé Taguchi permettra de définir le scénario qui résistera face à la variation des variables bruit.

CHAPITRE 2 : REVUE DE LA LITTÉRATURE

La croissance du nombre de centres d'appels est souvent accompagnée d'une augmentation des problèmes auxquels les gestionnaires de ces centres sont confrontés. Les problèmes les plus fréquents sont ceux de la gestion des ressources humaines et de la prévision du nombre des appels entrants. Ces problèmes affectent principalement les dépenses relatives aux salaires et la qualité de service. Un nombre important d'articles scientifiques traitent le problème de la gestion des effectifs et de la difficulté de trouver le nombre d'intervenants nécessaires durant un quart de travail. Si le nombre d'intervenants est supérieur au nombre requis, cela améliore certainement la qualité de service, mais fait en sorte que les intervenants restent inactifs durant leur quart de travail, ce qui occasionne des dépenses salariales inutiles. Aksin *et al.* (2007) présumant que les frais d'exploitation propres aux intervenants peuvent varier entre 60 et 80 % des frais globaux des centres d'appels. En contrepartie, un nombre d'intervenants inférieur au nombre requis fait baisser la qualité de service. On peut s'attendre à ce qu'un nombre optimal d'intervenants réglera en partie le problème du délai de réponses ou du nombre d'appels répondus ou perdus par jour tout en maintenant les coûts reliés au salaire à un niveau acceptable.

2.1 Cheminement des appels

Le cheminement des appels est théoriquement le même dans les centres recevant des appels. Ça commence toujours par la réception des appels. Si une ligne téléphonique est disponible et un intervenant est libre, l'appel est traité immédiatement. Si toutes les lignes téléphoniques sont occupées et que des places sont disponibles dans le serveur, l'appel est alors mis en attente avec le principe du premier arrivé, premier servi. S'il n'existe pas de place dans le serveur, l'appel est alors bloqué et l'utilisateur reçoit un signal occupé ou est mis en attente. Si l'utilisateur patiente trop longtemps avant qu'un intervenant réponde à son appel, il y a un fort risque qu'il abandonne (Cezik et L'Ecuyer, 2008; Gans *et al.*, 2003).

Autrement, dans les centres plus sophistiqués, la technologie permet de mettre en place un système pour réduire les risques que l'utilisateur quitte avant d'avoir été servi. Il s'agit du système interactif de réponse vocale (Interactive voice response) (Avramidis et L'Ecuyer, 2005; Cohen et Rozenes, 2017; Mikaeili, 2017; Vuthipadadon, 2009). Ce système informatique est capable de reconnaître

les voix humaines et de les comprendre pour prendre des décisions et acheminer les appels vers la bonne option. Ce système peut aussi réagir à l'action d'appui sur un bouton par l'utilisateur. Souvent, ce système est utilisé dans les centres de services à la clientèle des services des télécommunications et financiers. Le système automatisé peut demander à l'utilisateur d'entrer des informations numériques (numéro de carte de débit, de téléphone, etc.) afin de diriger l'appel vers le service approprié.

Si l'utilisateur préfère parler directement à un intervenant, l'appel sera transféré par le biais d'un distributeur automatique d'appels (automated call distributor). Ce distributeur permet le transfert des appels vers la file d'attente de l'intervenant apte à répondre à ces appels (Gans *et al.*, 2003; Mikaeili, 2017; Robbins, 2007; Vuthipadadon, 2009). Cette pratique se fait souvent dans les centres d'appels qui offrent de multiples services. Ces distributeurs sont tellement sophistiqués que le choix de la file d'attente ou de l'intervenant peut se faire sur la base de multiples critères comme la langue parlée et le service recherché. Ces distributeurs sont souvent utilisés dans plusieurs centres d'appels dont celui des banques, des services gouvernementaux, etc. Chaque service (assurance, compte courant, carte de crédit, etc.) a sa propre file d'attente.

2.2 Arrivée des appels

2.2.1 Prévision du nombre d'appels

L'une des principales difficultés des centres d'appels réside dans le fait de prévoir le nombre et la répartition dans le temps des appels entrant pour, par la suite, déterminer le nombre des intervenants requis pour répondre à ces appels.

Connaître les taux d'arrivée des appels entrant est primordial pour la mise en place d'un horaire de travail des intervenants qui permet de répondre efficacement aux appels reçus. C'est pourquoi plusieurs chercheurs ont travaillé sur ce sujet. D'ailleurs, Gans *et al.* (2003) et Aksin *et al.* (2007), ont examiné la littérature concernant l'état des recherches sur les centres d'appels téléphoniques et ont identifié des pistes prometteuses pour les recherches futures dont la prévision du nombre d'appels.

Weinberg *et al.* (2007) ont utilisé les chaînes de Markov et la simulation de Monte Carlo pour développer un algorithme permettant de faire des prévisions de l'arrivée des appels un jour à

l'avance. Leur modèle considère la variabilité durant la journée et celle entre les journées. La comparaison avec des modèles de prévision statistiques classiques montre une amélioration de 25%.

Enfin, Shen et Z. Huang (2008) propose une méthode de prévision des appels entrant quotidiens. L'approche consiste à traiter les appels quotidiens comme des séries temporelles de grande dimension. Par la suite, ils proposent de réduire la dimension de cette série temporelle en regroupant, par exemple, les temps d'attente par blocs de 15, 30 ou 60 minutes pour ensuite appliquer des techniques de série temporelle et de régression. Des simulations ont été réalisées sur la base de certaines hypothèses pour étudier la robustesse des modèles. Les résultats des prévisions sont très compétitifs et parfois meilleurs que l'approche bayésienne à laquelle elle était comparée. En plus, la méthode de calcul est rapide.

Soyer et Tarimcilar (2007) proposent une approche basée sur le marketing, pour inciter les usagers à appeler à des moments ciblés. Elle consiste à faire de la publicité, pour inviter les usagers à téléphoner à des moments précis de la journée. Donc, durant les heures ciblées par la publicité, le nombre adéquat d'intervenants pour répondre à ces appels sera présent.

2.2.2 Estimation du temps d'attente

La mesure du temps d'attente commence au moment où l'utilisateur finit la sélection de son service, par le biais du menu interactif, et se termine au moment où il est servi par un intervenant. L'estimation du temps d'attente est faite, dans un premier temps, pour aider le gestionnaire à planifier le nombre d'intervenants requis. Elle est aussi faite lorsque l'utilisateur est mis dans la file d'attente afin de l'informer de l'estimation du temps d'attente.

Selon Jongbloed et Koole (2001), l'estimation du temps d'attente est une tâche difficile. Pour une bonne estimation, le taux d'arrivée des appels doit être stationnaire et le temps de traitement des appels doit suivre une distribution exponentielle. Ces deux hypothèses sont difficiles à atteindre. Si elles sont satisfaites, il sera possible de modéliser le temps d'attente avec la formule d'Erlang.

Dans leur article, Jouini et Dallery (2006) portent une attention à l'information que l'utilisateur doit avoir sur son temps d'attente. Cette information est propre à chaque usager dépendamment du moment auquel il appelle et de l'achalandage dans la file d'attente. Sachant que la longueur de la

file d'attente varie constamment, il est impossible d'estimer le vrai temps d'attente. Cependant, un usager sera plus enclin à attendre s'il connaît son temps d'attente estimé. Un temps d'attente plus long que l'estimation initiale fera en sorte de réduire la confiance de l'usagers envers ce centre. Les mêmes auteurs ont développé des estimateurs des temps d'attente selon le type du service pour lequel appelle le client. Ces estimateurs annonçaient des temps d'attente qui coïncidaient à 71% avec le temps d'attente réel.

2.3 Planification des ressources

Pour maintenir une bonne qualité de service et la rentabilité d'un centre d'appels, des décisions doivent être prises à trois niveaux différents (Avramidis et L'Écuyer, 2005; Dietz, 2011; Robbins, 2007; Tanaka, 2011). Les décisions stratégiques sont prises par la haute direction. Elles ont une incidence sur plusieurs années et concernent le rôle du centre d'appels et les objectifs à atteindre. Au niveau intermédiaire, ce sont les décisions tactiques qui sont traitées. Ces décisions concernent, entre autres, les ressources humaines (intégrer ou non de nouveaux intervenants), le coût de formation et les compétences des intervenants. Le dernier niveau des décisions est relatif aux décisions opérationnelles à court terme. Ces décisions sont relatives à la détermination du nombre d'intervenants (staffing) ainsi que de leurs horaires de travail (scheduling). Les décisions opérationnelles permettent d'atteindre les objectifs de la qualité de service définis par les décisions tactiques d'un centre d'appels.

Defraeye et Van Nieuwenhuyse (2016) citent 62 articles de recherche parus entre 1991 et 2013 qui traitent de la dotation en personnel et de la planification des horaires des intervenants dans les centres d'appels en tenant compte de la variabilité des appels entrant. Ils commencent par un rappel des quatre étapes nécessaires pour la mise en place des horaires de travail. La première étape est de prévoir le nombre d'appels sur la base des historiques existants. La seconde étape est celle de la détermination du nombre d'intervenants nécessaire pour répondre à la demande. La troisième étape est l'étape de la planification des horaires de travail. Et enfin, la dernière étape consiste à assigner les horaires aux intervenants. Les auteurs ont classé les articles selon différents critères: les hypothèses sur fonctionnement des centres d'appels (homogénéité des serveurs, taux d'arrivée, file d'attente, etc...), la qualité de service, les méthodes de résolution et les contextes d'application réels. Les auteurs ont classé les approches d'optimisation en trois classes : selon la méthodologie

d'optimisation des ressources, les objectifs et les contraintes. Defraeye et Van Nieuwenhuyse (2016) concluent que, dans la plupart des 62 articles, on détermine le nombre d'intervenants requis et ensuite les horaires de travail. Dans le cas d'Info-Santé, le nombre d'intervenants étant fixé par le centre d'appels, il ne reste plus qu'à développer et tester différents horaires de travail.

Excoffier *et al.* (2015), examinent le problème de planification des quarts de travail dans les centres d'appels. La solution consiste à déterminer le nombre d'agents à affecter au coût minimum à chaque quart de travail afin d'atteindre la qualité de service requise par le client. Ils supposent que le taux d'arrivée moyen des appels à chaque période de l'horizon est une variable aléatoire suivant une distribution continue. Le problème d'optimisation résultant est modélisé sous la forme d'un programme stochastique comportant des contraintes probabilistes. L'approche solution est basée sur des approximations linéaires pour fournir des solutions approximatives du problème. Les résultats montrent que l'approche proposée se compare bien aux approches précédemment publiées, tant en termes de gestion des risques que de minimisation des coûts.

Robbins et Harrison (2010) propose un modèle stochastique pour la planification des ressources dans les centres d'appels. La première étape consiste à minimiser les files d'attente par une meilleure planification du personnel. La seconde étape consiste à déterminer les taux d'arrivée des appels de chaque période. La planification proposée par ce modèle stochastique permet de réduire les coûts de fonctionnement par rapport à la solution proposée par un modèle déterministe. Ce dernier néglige la variabilité du taux d'arrivée des appels en proposant une valeur moyenne pour le taux d'arrivée.

Lam et Lau (2004) citent l'avantage de la simulation pour tester des scénarios avant de les implanter. Ceci permet de gagner du temps et d'économiser. Dans leur article, l'étude de cas portait sur une possible restructuration de deux centres d'appels. La simulation a démontré que la fusion de ces centres d'appels permettrait de réduire les frais d'exploitation et d'améliorer la qualité de service. La simulation a aussi démontré qu'il était possible de gérer un volume d'appels encore plus important que le volume actuel.

2.3.1 Abandon des appels

Un appel est considéré comme abandonné quand l'utilisateur raccroche avant d'être servi par un intervenant. Tout appel abandonné affecte négativement la qualité de service. D'ailleurs, plusieurs chercheurs se sont penchés sur différentes approches pour réduire le nombre d'appels abandonnés. L'approche la plus utilisée est celle où l'utilisateur laisse son numéro de téléphone dans le but d'être rappelé dans les plus brefs délais. La demande de laisser son numéro se fait souvent en début d'appel. L'utilisateur est averti que les intervenants sont présentement occupés et qu'il a le choix d'attendre ou de laisser son numéro de téléphone pour qu'on le rappelle. Dans ce cas, l'appel n'est pas considéré comme abandonné. En plus de réduire le nombre d'appels abandonnés, cette approche permet aussi de réduire le temps d'attente, étant donné qu'il y a moins d'appels à traiter dans l'immédiat (Legros *et al.*, 2016).

Une autre approche est la sous-traitance pour répondre aux appels. Le problème consiste à déterminer le nombre d'appels à rediriger vers les sous-traitants (Koçağa *et al.*, 2015; Ren et Zhou, 2008). On peut considérer que le centre d'appels, sur lequel porte notre recherche, a adopté l'approche de la sous-traitance car tous les appels sont importants et il ne peut proposer de rappeler l'utilisateur. Dans ce cas, les sous-traitants sont les autres centres d'appels 811 situés ailleurs dans la province. Si aucun intervenant du centre d'appels de la MCQ ne répond à l'appel dans des délais raisonnables, l'appel est transmis dans une file d'attente regroupant tous les autres centres. Il sera traité par le premier intervenant disponible parmi tous ces centres. Cette pratique s'appelle la virtualisation des appels.

Dans la plupart des recherches, l'effet de l'impatience des usagers n'a jamais été pris en considération étant donné la difficulté à la modéliser. Dans leur article, Roubos et Jouini (2013) utilisent un modèle de simulation qui prend en considération le taux d'abandon des appels. Ils proposent une distribution hyper-exponentielle pour le taux d'abandon des appels. Dans ce mémoire, l'abandon des appels n'a pas été pris en considération étant donné que la simulation portera seulement sur les appels répondus même si, en réalité, certains appels sont abandonnés.

2.3.2 Multi compétence

Dans un centre d'appels, chaque intervenant a au minimum une compétence. S'il a une seule compétence, il est considéré comme spécialisé. S'il a deux compétences ou plus, il est considéré comme ayant de multiples compétences. Les intervenants ayant la même compétence sont regroupés dans un groupe (skill group) (Avramidis *et al.*, 2010; Avramidis et L'Écuyer, 2005). Pour le transfert des appels vers la file d'attente ou vers l'intervenant compétent, il faut avoir recours à un système de routage. Ce système est un ensemble de règles de priorité établies par les gestionnaires sur la base des compétences des intervenants. L'appel est acheminé vers la file d'attente correspondant au service recherché par l'utilisateur, par le biais du menu interactif (Avramidis *et al.*, 2010; Avramidis et L'Écuyer, 2005; Cezik et L'Ecuyer, 2008; Gans *et al.*, 2003).

Bhulai *et al.* (2008) propose une approche basée sur la programmation linéaire en deux étapes. La première étape détermine le nombre d'intervenants pour un centre d'appels à compétences multiples. Ce nombre sera utilisé pour générer les horaires du personnel. Le centre d'appels 811 Info-Santé et Info-Social utilise déjà des intervenants ayant de multiples compétences. Les infirmières, qui ont la compétence, peuvent répondre à certains appels Info-Social même si leur principale tâche est de répondre aux appels Info-Santé. Cette manière de gérer les appels permet d'exploiter au maximum le potentiel des intervenants. Kilincli Taskiran et Zhang (2017) et Cezik et L'Ecuyer (2008) ont eu recours à des modèles mathématiques et à la programmation linéaire pour déterminer le nombre d'intervenants spécialisés et ayant de multiples compétences afin de minimiser les coûts du centre d'appels.

Certains auteurs ont comparé la stratégie d'avoir un intervenant spécialisé et celle où les intervenants ont des compétences multiples. Ils ont conclu qu'une combinaison des deux types d'intervenants, selon la situation, sera bénéfique au bon déroulement du travail et moins coûteux sur le plan salarial (Bose et Chatterjee, 2015; Legros *et al.*, 2015). Un intervenant avec multiples compétences reçoit généralement un salaire plus élevé. Cependant, il est plus polyvalent et est capable de répondre à plusieurs types d'appels. Dans un centre multi-service, un service peut être plus sollicité que d'autres. Par conséquent, le recours à plus d'intervenants spécialisés que d'intervenants avec multiples compétences peut alors être la meilleure option pour diminuer les coûts.

2.3.3 Travail après appel

Les intervenants travaillant dans les centres d'appels ont comme tâche principale de répondre aux appels. Ils ont également d'autres tâches telles que traiter des courriels ou initier des appels qui sont réalisées entre les appels répondus. Ces tâches sont souvent considérées moins urgentes. La plupart des gestionnaires mettent donc l'accent sur la tâche qui consiste à répondre au maximum d'appels (Mattia *et al.*, 2017).

Dans leur article, Cohen et Rozenes (2017) confirme, par le biais de la simulation, l'avantage d'utiliser les intervenants affectés à des tâches administratives pour répondre aux appels en période d'achalandage. La simulation a démontré un meilleur taux d'utilisations des ressources et une réduction des appels abandonnés.

Les infirmières d'Info-Santé doivent rédiger une fiche client après avoir complété leur intervention. La création de la fiche se fait au même moment que le début de l'appel. Une fois l'appel terminé, l'infirmière ne se remet pas en ligne directement. Elle doit d'abord compléter la rédaction de la fiche. Une fois la fiche complétée, elle se remet en ligne. Ce travail après appel augmente le temps d'attente des usagers et sera pris en compte dans notre modèle de simulation.

2.4 La qualité de service

Pour pouvoir juger de la performance d'un centre d'appels, les gestionnaires considèrent, entre autres, la qualité de service. La qualité de service comprend souvent trois catégories (Gans *et al.*, 2003; Mikaeili, 2017; Robbins, 2007) :

- Accessibilité à l'intervenant : c'est souvent la principale mesure de performance que les gestionnaires utilisent. L'accessibilité à l'intervenant se mesure par le temps d'attente ou le nombre d'appels abandonnés avant d'être traités. Ces mesures de la qualité de service sont calculées directement par le biais du logiciel mis en place aux centres d'appels.
- Efficacité de la réponse : une réponse de l'intervenant est dite efficace si elle correspond complètement aux attentes de l'utilisateur dès le premier appel. Si l'utilisateur rappelle pour la même chose, le premier appel sera considéré comme inefficace. Cette façon de mesurer la qualité de service est peu utilisée dans les centres d'appels.

– Interaction avec l'utilisateur : cela consiste à vérifier comment l'intervenant a géré la conversation. A-t-il été poli, respectueux, à l'écoute ? A-t-il pris tout le temps qu'il fallait ?

Pour les deux dernières catégories, l'évaluation se fait par l'écoute des appels aléatoirement ou par le biais d'un questionnaire passé directement aux usagers.

Pour ce qui est des centres d'appels mixtes, un autre type de qualité de service est pris en considération. C'est le nombre d'appels émis et finalisés. Dans certains cas, l'intervenant rappelle un usager qui a initialement raccroché en laissant son numéro. S'il est non-disponible lorsque l'intervenant le rappelle (mismatch call), le retour d'appel sera considéré comme un appel répondu mais non finalisé. Il aura donc un effet négatif sur la qualité de service (Avramidis et L'Écuyer, 2005).

Dans certains articles (Aksin *et al.*, 2007; Defraeye et Van Nieuwenhuyse, 2016; Kilincli Taskiran et Zhang, 2017; Zan *et al.*, 2018), la masse salariale est considérée en plus de la qualité de service du centre. Les gestionnaires doivent trouver l'équilibre entre ces deux paramètres afin d'atteindre la qualité de service souhaitée à un coût minimum.

2.5 Simulation et plan d'expériences

La plupart des chercheurs ont utilisé la modélisation mathématique pour résoudre les problèmes de planification des ressources dans les centres d'appels. La simulation à événements discrets a très peu été utilisée pour résoudre ce genre de problème. Dileepan et Etkin (2010) utilise la simulation à événements discrets pour modéliser un petit centre d'appels dans une municipalité. Leur objectif est de maximiser le nombre d'appels répondus en moins de 20 secondes et de minimiser le temps moyen d'attente. Une analyse de sensibilité a également été réalisée sur le taux d'arrivée des appels et le nombre d'agents. Mazzuchi et Wallace (2004) modélise aussi un centre d'appels avec la simulation à événements discrets en prenant en considération la présence d'agents à multiples compétences. Leur plan d'expériences permet de vérifier le nombre de compétences par agent dans un contexte où les appels sont traités selon leur ordre d'arrivée donc sans priorité. Dans Saltzman et Mehrotra (2001), un centre d'appels avec deux types de clients, l'un payant pour avoir accès à un service plus rapide et l'autre non, a été modélisé par la simulation à événements discrets. Ils ont analysé l'impact de l'instauration d'un service payant sur le temps d'attente et le taux

d'abandons des clients non payant. Deb *et al.* (2014) propose un modèle de simulation pour un centre de services informatiques. De plus, ils effectuent un plan d'expériences à deux variables indépendantes : l'horaire des serveurs et la demande des clients. Leur objectif est satisfaire la demande croissante tout en minimisant le temps d'attente des clients sans augmenter les ressources.

2.6 Conclusion

Le projet de recherche de ce mémoire présente des similarités avec ce qui est traité dans la littérature. En fait, le centre d'appels 811 Info-Santé présente certaines caractéristiques traitées dans la littérature, telle que la compétence multiple des intervenants. En effet, le centre d'appels emploie des intervenants spécialisés (intervenants sociaux) et des intervenants ayant des compétences multiples (infirmières avec compétence crise). Il fait aussi appel à la technologie par l'utilisation de menus interactifs. L'utilisateur fait le choix du service qui lui convient par le biais des touches de téléphone. Le centre fait aussi appel à la sous-traitance par le biais des centres d'appels de la province.

Ce qui distingue ce projet de recherche est qu'il se concentre sur la mise en place de différents horaires de travail. Dans plusieurs articles (Bhulai *et al.*, 2008; Defraeye et Van Nieuwenhuyse, 2016; Mikaeili, 2017), on remarque que les chercheurs déterminent d'abord le nombre d'intervenants pour ensuite élaborer les horaires de travail. Dans ce mémoire, le nombre d'intervenant ne sera pas déterminé. Il s'agira plutôt de simuler les différents horaires dans le but de déterminer celui qui permettra de répondre au maximum d'appels avec un minimum de temps d'attente.

CHAPITRE 3 : MÉTHODOLOGIE

Ce chapitre présente l'ensemble des étapes qui ont été faites pour réaliser ce projet de recherche.

3.1 Cartographie des processus

L'une des premières étapes de la méthodologie est de comprendre le cheminement des appels dès leur arrivée jusqu'à la fin. La collecte des informations sur le cheminement des appels s'est faite lors de rencontres avec les gestionnaires du centre d'appel.

Pour une meilleure compréhension du cheminement des appels et parce qu'ils impliquent plusieurs intervenants, l'utilisation d'une cartographie en flux croisé est fortement indiquée. Elle permet une meilleure compréhension visuelle de la trajectoire des appels. Elle comprend les étapes suivies par un appel, les intervenants impliqués dans le trajet d'un appel et les actions posées par chacun. Pour plus de clarté, chaque type d'appel est représenté dans une cartographie différente. Ces cartographies ont été utilisées pour élaborer le modèle de simulation. Tous les types d'appels commencent par un message enregistré qui demande aux usagers de composer rapidement le 911 s'ils sont en situation d'urgence. Vient par la suite le choix de la langue. L'utilisateur choisit s'il veut être servi en français ou en anglais. Une fois le choix de la langue fait, il choisit le type de service soit Info-Santé ou Info-Social.

3.1.1 Info-Santé : appels de la clientèle générale

Un usager de la clientèle générale est orienté vers les services Info-Santé à sa demande. L'appel est mis dans une file d'attente, selon le principe du premier arrivé premier servi. Si une infirmière est disponible, l'appel lui sera transmis pour y répondre. Si aucune infirmière n'est disponible, l'assistante en soins infirmiers (ASI) répond aux appels reçus entre minuit et 8 heures du matin. Au bout d'une dizaine de secondes, si personne ne répond à cet appel, il sera virtualisé. Un appel virtualisé est un appel non répondu au centre d'appels CIUSSS-MCQ qui est dirigé vers une centrale regroupant les centres d'appels des autres CIUSSS de la province. La première infirmière disponible, quel que soit le CIUSSS auquel elle est rattachée incluant le MCQ, répond à l'appel. Il est possible que l'utilisateur attende un moment avant qu'on ne lui réponde. S'il raccroche avant qu'on lui ait répondu, son appel sera considéré comme un appel perdu, ce qui aura un impact négatif sur

la performance du centre d'appels. L'infirmière qui répond à l'appel crée une fiche client pour prendre en note toutes les informations. Une fois l'appel terminé, elle continue la rédaction de sa fiche. Ce n'est qu'après la complétion de cette dernière qu'elle redevient disponible pour répondre à d'autres appels. La Figure 3.1 présente la cartographie des appels provenant de la clientèle générale d'Info-Santé.

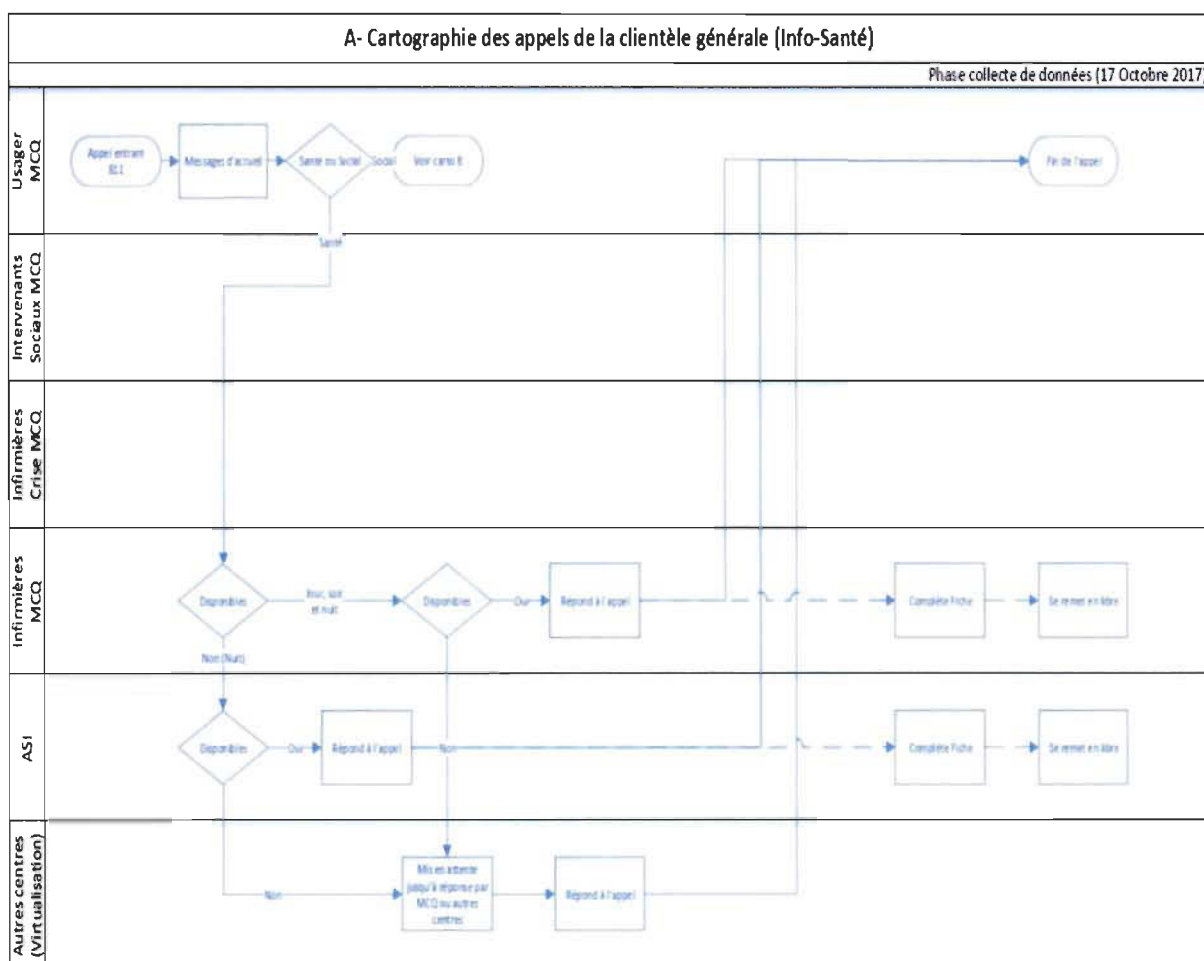


Figure 3.1 : Cartographie des appels de la clientèle générale (Info-Santé)

3.1.2 Info-Santé : appels de la clientèle enregistrée

La clientèle enregistrée comprend des usagers qui reçoivent déjà des services du CIUSSS-MCQ, tels que des soins à domicile ou qui nécessite un suivi à la suite d'une chirurgie. Si nécessaire, ils peuvent composer un numéro de téléphone, autre que le 811, qui leur permet de passer directement en tête de la file d'attente sans avoir à écouter le message d'accueil. La clientèle enregistrée effectue

ces appels quand elle est dans l'impossibilité de contacter le Centre Local de Service Communautaire (CLSC) auquel elle est associée soit le soir, les jours fériés et les fins de semaine. L'ASI répond à ce type d'appels. Si elle n'est pas disponible, ce sont les infirmières qui y répondent. Ce type d'appel ne peut pas être virtualisé. L'utilisateur peut être dans l'obligation d'attendre si aucune ressource n'est disponible. L'appel commence par la création d'une fiche client. À la fin de l'appel, selon la situation, il est possible que l'infirmière transfère le dossier à une infirmière du CLSC pour une visite chez l'utilisateur. Enfin, l'infirmière se remet en ligne pour répondre aux appels suivants. La figure 3.2 décrit le cheminement des appels de la clientèle enregistrée.

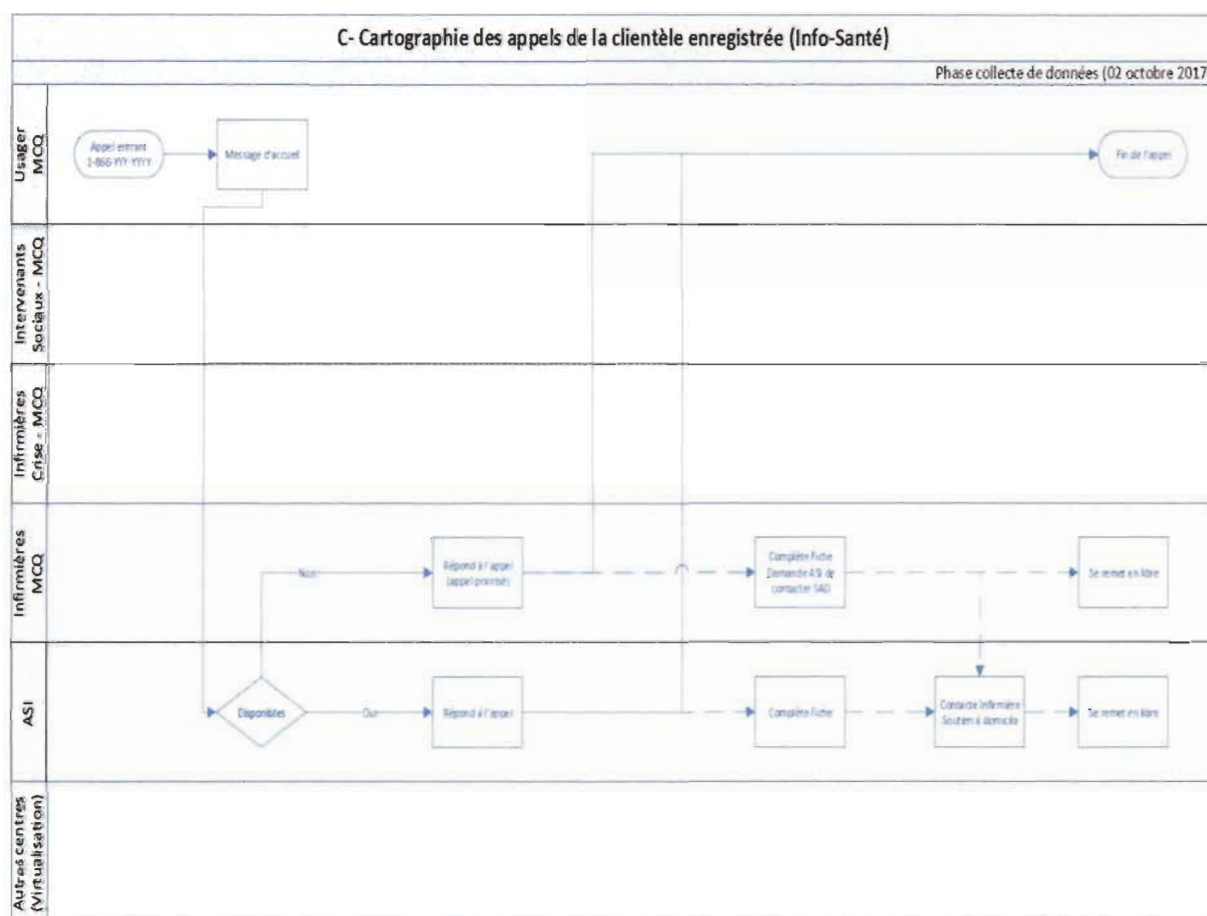


Figure 3.2 : Cartographie des appels de la clientèle enregistrée (Info-Santé)

3.1.3 Info-Social : appels de la clientèle générale

La clientèle générale, après avoir choisi le volet social, peut avoir accès à deux types de service social : le service Info-Social de type crise ou Info-Social de type information. Ces appels sont traités selon le principe du premier arrivé premier servi. Les appels de type crise sont prioritaires. Ils passent donc en tête de file.

3.1.3.1 Info-Social : appels de type Crise

Les services d'Info-Social de type crise répondent à une clientèle qui fait face à une situation de crise importante comme le suicide ou la dépression. Ces appels sont donc importants et les intervenants doivent y répondre dans les plus brefs délais. S'ils sont occupés, une infirmière ayant la compétence requise pourrait répondre à ce type d'appel afin de déterminer si l'utilisateur est dans une situation critique. Si elle suppose que cet appel est critique, elle informe, par le biais d'une ligne téléphonique interne, qu'elle est en ligne avec un usager dont la situation est problématique. Un intervenant social tente alors de se libérer rapidement. L'infirmière maintient la communication avec l'utilisateur jusqu'à ce qu'un intervenant social se libère. Si l'infirmière juge l'appel non urgent, l'appel est remis dans la file d'attente en tant qu'appel Info-Social de type info. Le cheminement d'appels de type crise est représenté par la Figure 3.3.

3.1.3.2 Info-Social : appels de type Info

L'autre service qu'offre Info-Social est un service d'information. Les appels pour des demandes d'informations sont moins prioritaires que les appels de type crise. Ils sont traités avec le même principe du premier arrivé premier servi. Les intervenants sociaux affectés à ce type d'appel donnent des informations de nature psychosociale. S'ils sont tous occupés, l'appel sera mis en attente. La Figure 3.3 représente la cartographie des appels de type information pour Info-Social.

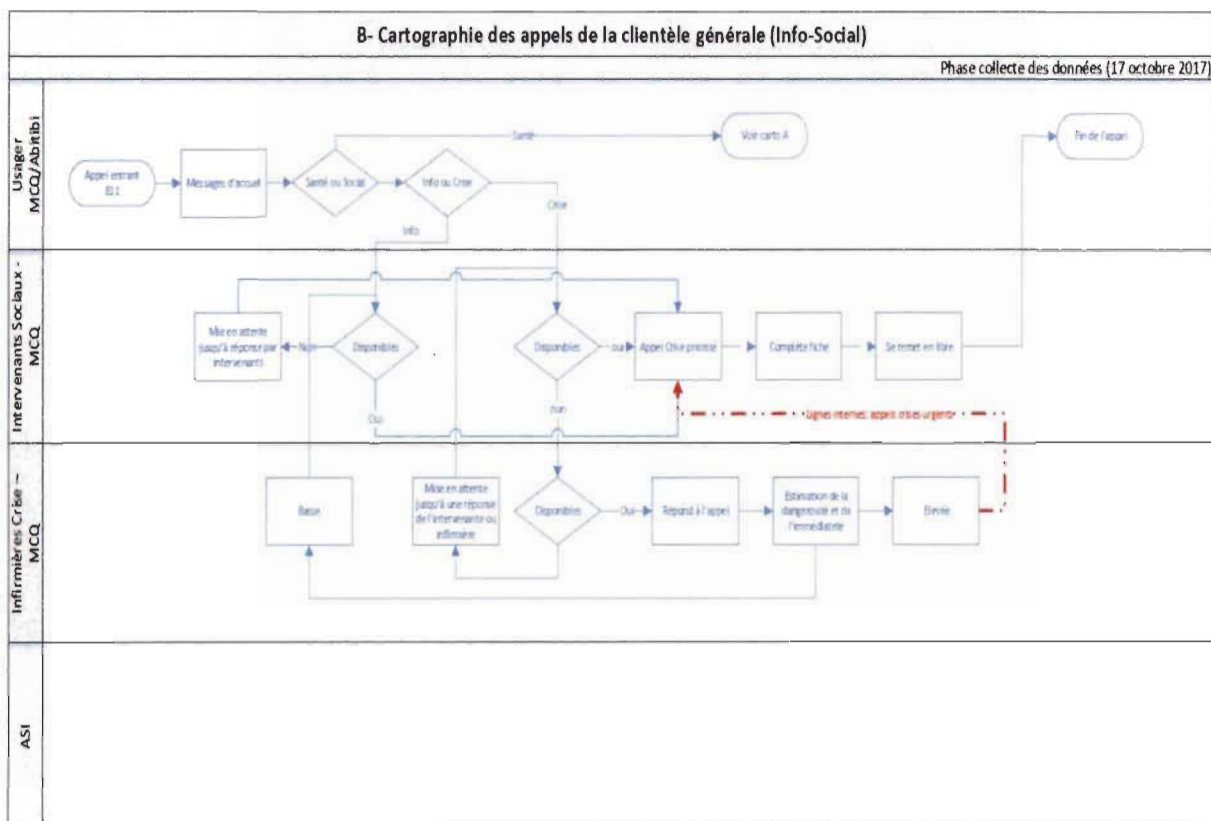


Figure 3.3 : Cartographie des appels de la clientèle générale Info-Social

3.1.4 Appels partenaires

Les appels partenaires sont des appels en provenance ou vers des pompiers, des policiers ou des infirmières qui sont en présence d'un cas nécessitant une intervention du CIUSSS-MCQ. Ces appels se font sur une ligne interne et passent avant les appels Info-Social. Ce ne sont que les intervenants sociaux qui peuvent répondre à ce type d'appel, s'ils sont disponibles. Sinon, l'ASI y répond. Ces appels peuvent être entrant ou sortant. Les appels sortant sont effectués par des intervenants sociaux. Que ce soit lors d'un appel entrant ou sortant, les intervenants sociaux ou l'ASI se remettent en ligne après la complétion de la fiche. Ce cheminement est représenté dans la cartographie de la Figure 3.4.

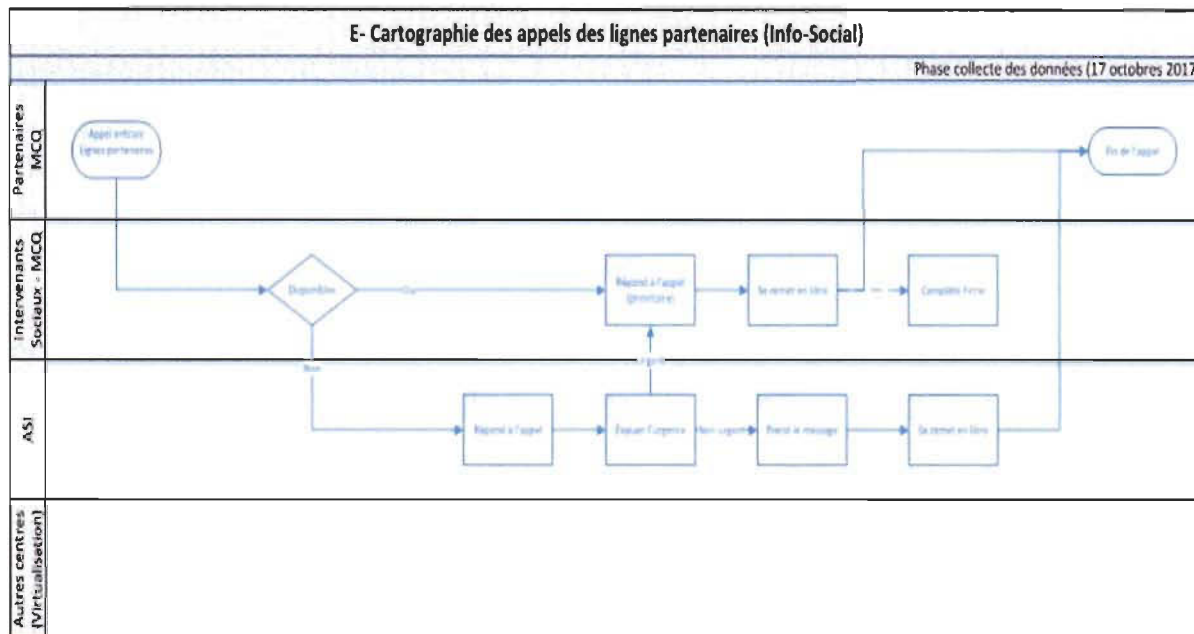


Figure 3.4 : Cartographie des appels de la ligne partenaire (Info-Social)

3.2 Collecte et analyse des données

Le centre d'appels 811 Info-Santé et Info-Social utilise un logiciel qui gère les informations relatives aux appels. Il permet la collecte de plusieurs types d'informations concernant les appels selon les périodes de l'année. Le nombre de périodes considéré est 13 périodes, du 1^{er} avril au 31 mars de l'année suivante. Les informations que peut fournir le logiciel sont relatives à la durée des appels, au nombre d'appels, au type d'appel, aux intervenants présents, au temps de la complétion des fiches, au temps d'attente, au nombre d'appels perdus, etc... Ces informations sont essentielles pour le développement et la validation du modèle de simulation.

Dans le cadre de ce projet, les données ont été recueillies pour le mois d'avril 2017, plus précisément pour la semaine du 1^{er} au 7 avril 2017. Le choix de ce mois s'est fait sur la base de la disponibilité la plus récente de l'information, puisque le logiciel efface toutes les informations qui dépassent les 60 jours. En plus, selon la Figure 3.5, la période 1, est l'une des périodes qui connaît un nombre important d'appels reçus. Le fichier généré par le logiciel fournit des données brutes difficilement exploitables. Les données recueillies ont dû être retravaillées et triées par service, par jour et par quart de travail. Par la suite, les données ont été regroupées de façon à obtenir le nombre

d'appels, la durée moyenne de l'appel et la durée moyenne de complétion d'une fiche par bloc de 15 minutes.

3.2.1 Appels reçus et répondus

3.2.1.1 Appels Info-Santé

Le centre d'appels du CIUSSS-MCQ a fourni les données sur le nombre d'appels reçus et répondus par le MCQ et sur les appels virtualisés et abandonnés, de 2014 à 2017. Le nombre mensuel d'appels reçus de 2014 à 2017, en provenance de la clientèle générale Info-Santé, est présenté à la Figure 3.5.

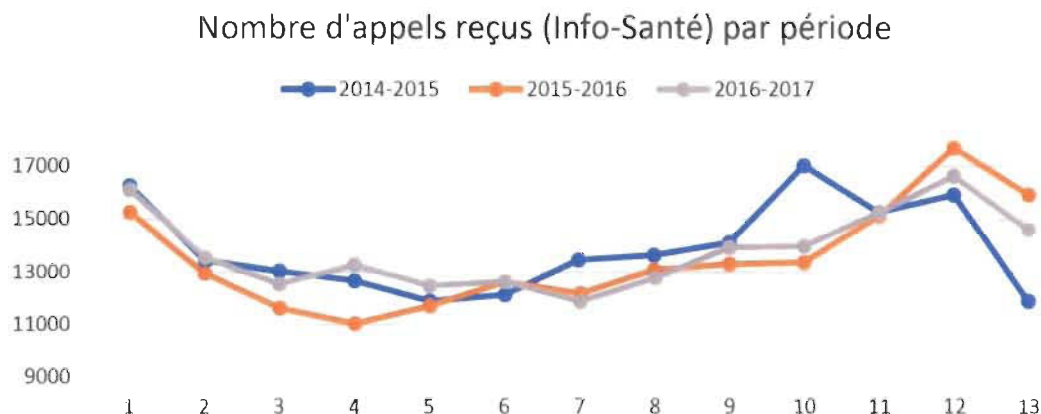


Figure 3.5 : Nombre d'appels reçus de 2014 à 2017 — Info-Santé

Les périodes 1, 11 et 12 sont les périodes où le nombre d'appels reçus et répondus est le plus élevé. Une hausse du nombre d'appels reçus et répondus est observée à la période 10 de 2014-2015 (Figure 3.5 et Figure 3.6). Cette hausse correspond à la période de grippe qu'a connue le Québec en décembre 2015. Pour ce qui est des appels répondus (Figure 3.6), l'allure des courbes est similaire à celle des appels reçus. Le nombre d'appels répondus est évidemment inférieur au nombre d'appels reçus puisque des appels sont perdus ou virtualisés. Ils ne sont pas compensés par le nombre d'appels répondus en provenance des autres centres du réseau 811.

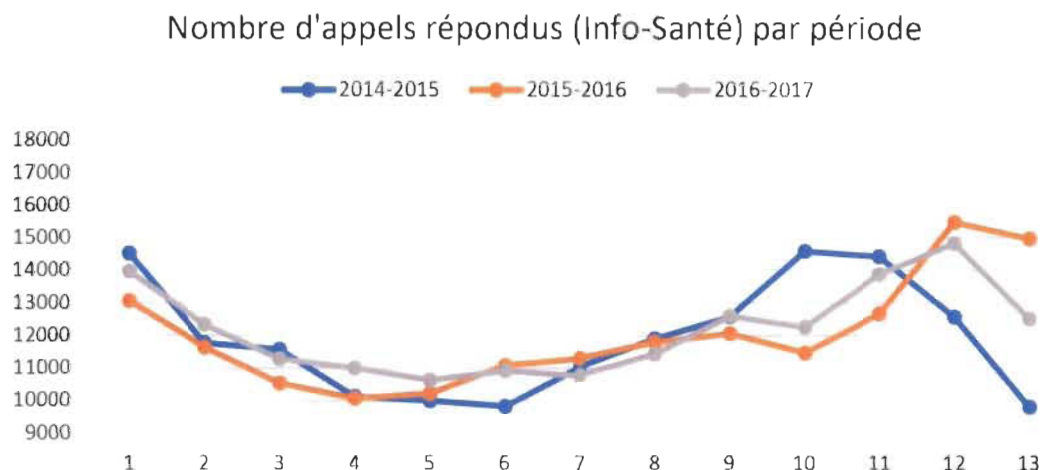


Figure 3.6 : Nombre d'appels répondus de 2014 à 2017 — Info-Santé

Le nombre d'appels répondus et reçus est présenté dans le tableau 3.1.

Tableau 3.1 : Nombre d'appels reçus et répondus annuellement par Info-Santé

Année	Nombre d'appels		% d'appels répondus
	Reçus	Répondus	
2014-2015	180 803	154 629	85,52
2015-2016	175 915	156 265	88,83
2016-2017	179 627	158 318	88,14

Le tableau 3.1 démontre que le nombre d'appels répondus est en augmentation de 2014 à 2017. Cependant pour les années 2015-2016 et 2016-2017, le pourcentage du nombre d'appels répondus est relativement le même.

3.2.1.2 Appels Info-Social

Le nombre d'appels reçus et répondus par Info-Social est présenté respectivement dans les figures 3.7 et 3.8. Le nombre d'appels reçus et répondus pour Info-Social est relativement stable tout au long de l'année, cependant une légère augmentation est perceptible à la période 12. La différence entre le nombre d'appels reçus et répondus n'est pas aussi importante que pour les appels Info-Santé. Le nombre d'appels est en augmentation d'une année à l'autre.

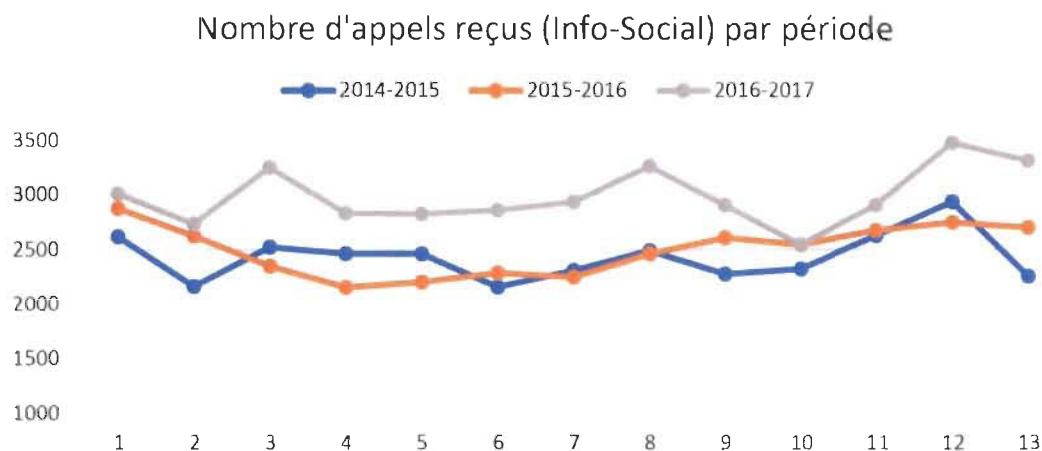


Figure 3.7 : Nombre d'appels reçus de 2014 à 2017 — Info-Social

Une hausse est aussi perceptible en 2016-2017. L'augmentation du nombre d'appels reçus a engendré une augmentation des appels répondus.

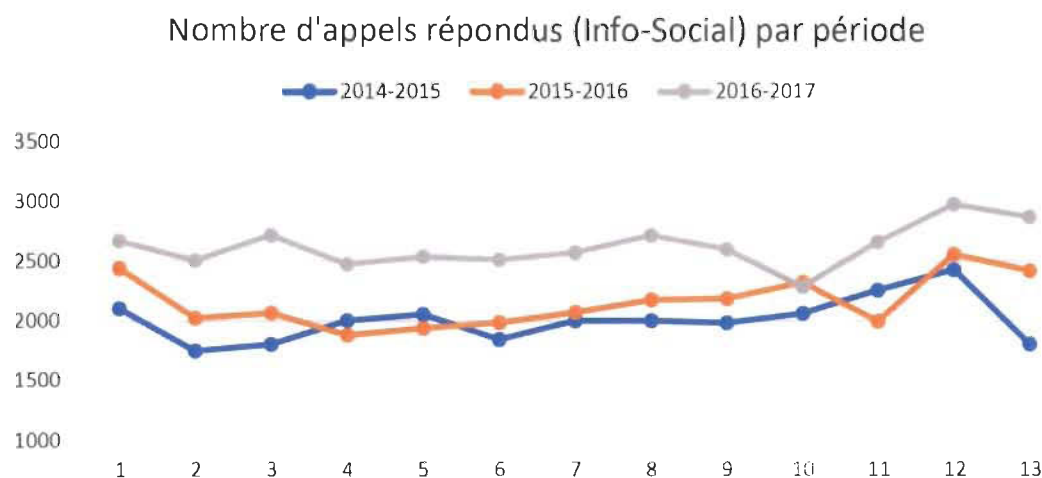


Figure 3.8 : Nombre d'appels répondus de 2014 à 2017 — Info-Social

Le tableau 3.2 présente le nombre d'appels reçus et répondus de 2014 à 2017 pour Info-Social.

Tableau 3.2 : Nombre d'appels reçus et répondus annuellement par Info-Social

Année	Nombre d'appels		% d'appels répondus
	Reçus	Répondus	
2014-2015	31 660	26 119	82,50
2015-2016	32 524	28 072	86,31
2016-2017	38 856	34 682	89,25

Le tableau 3.2 démontre que le nombre d'appels répondus a connu une augmentation en 2014-2017. De la même manière, le pourcentage des appels répondus est augmenté chaque année.

3.2.2 Nombre et horaires des intervenants

Pour répondre aux appels, des intervenants doivent être présents 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7. Cependant, le nombre d'intervenants varie selon la période de la journée. Le tableau 3.3 présente les différents horaires de travail du personnel pour Info-Santé et Info-Social.

Tableau 3.3 : Horaires de travail

Info-Santé	Semaine	Fin de semaine		Info-Social	Semaine	Fin de semaine
Jour	6h45 à 15h	6h45 à 15h		Jour	7h30 à 15h30	7h45 à 15h45
	7h45 à 16h	7h45 à 16h			8h à 16h	7h45 à 19h45
	10h à 18h15	7h à 19h			12h à 20h	8h à 16h
	12h à 20h15	8h à 20h				9h à 20h30
Soir	15h à 23h	15h à 23h15		Soir	15h15 à 23h15	11h30 à 23h15
	16h à 24h	16h à 24h15			16h à 24h	11h45 à 23h15
		10h à 22h			16h30 à 22h15	15h à 23h
						16h à 24h
Nuit	22h45 à 7h	20h à 8h		Nuit	22h45 à 8h	23h à 8h
	23h45 à 8h				24h à 8h	00h à 8h

Des différences ont été observées entre les horaires théoriques du tableau 3.3 et les horaires réels des intervenants. Certains jours, il y a des plages horaires non utilisées ou la présence d'horaires atypiques à cause des absences ou des retards.

En plus des horaires réels qui sont parfois différents des horaires prévus, le nombre d'infirmières et d'intervenants planifié peut également différer du nombre réel. À titre d'exemple, le tableau 3.4 présente le nombre d'infirmières planifié et réel (entre parenthèses) d'Info-Santé du 1 au 7 avril 2017. Les écarts ne sont cependant pas très grands, variant de ± 2 , mais peuvent influencer les temps d'attente.

Tableau 3.4 : Nombre d'intervenants planifié (réel) – Info-Santé du 1 au 7 avril 2017

	Nombre d'infirmières planifié (réel) - Info-Santé						
Quart	Samedi 1er avril	Dimanche 2 avril	Lundi 3 avril	Mardi 4 avril	Mercredi 5 avril	Jeudi 6 avril	Vendredi 7 avril
Jour	9 (9)	10 (10)	11 (12)	14 (14)	14 (15)	13 (14)	10 (12)
Soir	11 (11)	11 (11)	12 (11)	11 (11)	13 (14)	11 (11)	10 (12)
Nuit	3 (3)	3 (3)	3 (3)	3 (3)	3 (3)	2 (2)	2 (2)
Total	23 (23)	24 (24)	26 (26)	28 (28)	30 (32)	26 (27)	22 (26)

3.2.3 Données sur les appels

3.2.3.1 Nombre d'appels répondus

Les données relatives aux nombres d'appels répondus étaient compilées dans deux fichiers informatiques distincts. Afin de s'assurer d'utiliser des données réalistes, un travail d'extraction des données a dû être fait et les deux fichiers ont été comparées. Les appels sont catégorisés par type d'appel, à savoir les appels Info-Santé de la clientèle enregistrée, les appels pour Info-Santé en français, les appels Info-Social crise et clientèle générale et les appels partenaires.

3.2.3.2 Durée de traitement des appels

La durée de traitement d'un appel est le temps durant lequel l'utilisateur est en contact direct avec l'intervenant. Le traitement de l'appel commence dès que l'intervenant social ou l'infirmière décroche pour répondre à l'utilisateur jusqu'à ce que la conversation se termine. Cette durée n'inclut pas le temps passé par l'utilisateur à naviguer dans le menu interactif ni le temps d'attente. La durée

de traitement d'un appel varie évidemment d'un appel à un autre. Il est important d'avoir la durée de chaque appel dans le but d'établir, par la suite, les distributions statistiques les représentant.

3.2.3.3 Temps d'attente

Le temps d'attente est le temps que passe l'utilisateur à attendre avant d'être servi par un intervenant social ou une infirmière. Il n'inclut pas le temps qu'il passe dans le menu interactif. Le temps d'attente moyen est différent d'une période à une autre, d'un jour à l'autre.

3.2.3.4 Temps de complétion des fiches (travail après appel)

Lors de la réception d'un appel, l'infirmière crée une fiche associée à l'utilisateur. Cette fiche comprend les informations relatives à l'utilisateur. Pour les appels Info-Santé et la clientèle enregistrée, l'intervenant doit finir de compléter la fiche après la fin de l'appel. Il ne redevient disponible pour répondre à un nouvel appel qu'après avoir complété la fiche. Donc le temps de complétion des fiches est le temps que prend l'infirmière pour compléter une fiche après avoir terminé son appel et avant de se rendre disponible. Pour ce qui est des appels Info-Social, il n'existe pas de temps de complétion de fiche. L'intervenant se remet disponible directement après l'appel. La complétion de la fiche se fait tout au long de l'appel.

3.3 Modélisation du centre d'appels

Le développement du modèle de simulation a été fait par le biais du logiciel de simulation à événements discrets Arena. Les cartographies (figures 3.1, 3.2, Figure 3.3 et Figure 3.4) ont été utilisées pour créer les déplacements et les trajectoires suivies par les entités dans le modèle de simulation. Seuls les appels répondus ont été modélisés afin de bien refléter le travail réel des intervenants du CIUSSS-MCQ. Les appels virtualisés et perdus n'ont pas été considérés dans le modèle puisque les détails quotidiens et horaires sur ces appels n'étaient pas disponibles. Cependant, les appels virtualisés répondus par le CIUSSS-MCQ font partie des appels répondus.

Le modèle de simulation détaillé est présenté à l'annexe I.

3.3.1 Entités et taux d'arrivée des appels

Les entités dans le modèle de simulation représentent les appels répondus par type d'appels.

Pour développer le modèle de simulation, il est important d'avoir le nombre d'appels répondus pour tous les types d'utilisateurs.

Le tableau 3.5 présente le nombre d'appels répondus, par jour, pour la semaine du 1 au 7 avril 2017.

Tableau 3.5 : Nombre d'appels répondus par types du 1^{er} au 7 avril 2017

	Nombre d'appels répondus							
Type d'appel	Samedi 1 ^{er} avril	Dimanche 2 avril	Lundi 3 avril	Mardi 4 avril	Mercredi 5 avril	Jeudi 6 avril	Vendredi 7 avril	Total
Info-Santé clientèle enregistrée	16	19	6	9	3	5	9	67
Info- Social Crise	11	23	16	22	12	21	21	126
Info-Social Info	69	70	124	127	123	99	76	688
Info-Santé clientèle générale	335	329	414	483	488	482	377	2908
Total	431	441	560	641	626	607	483	3789

Pour que les taux d'arrivée dans le modèle de simulation soient le plus réaliste possible, les appels ont été répartis par blocs de 1 heure. Les appels dans le modèle sont donc répartis aléatoirement dans le bloc d'une heure. La Figure 3.9 présente la répartition des appels répondus pour Info-Santé, par heure, pour la semaine de référence du 1^{er} au 7 avril 2017.

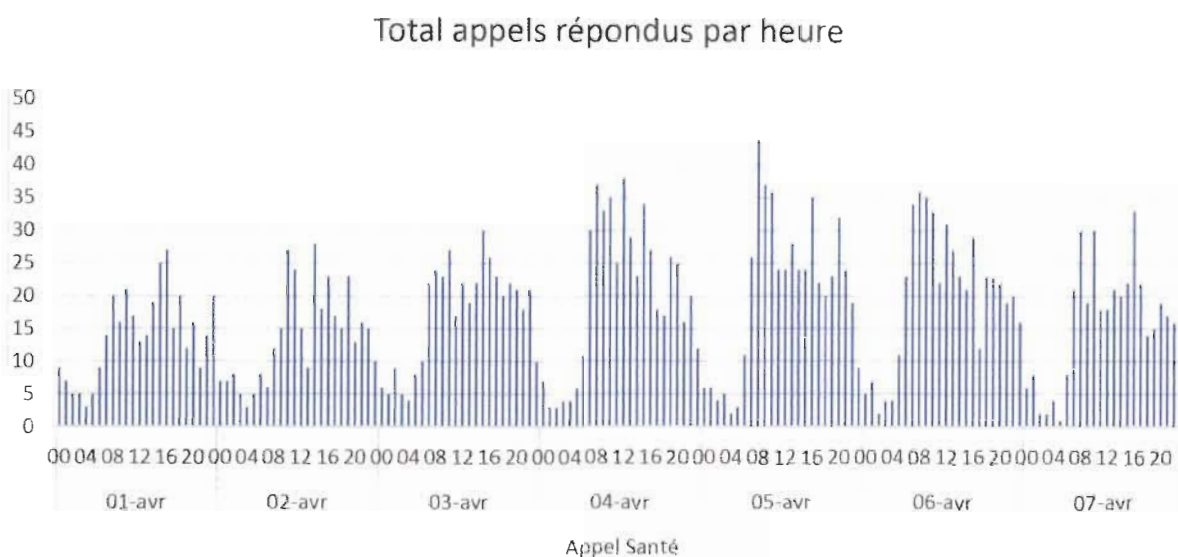


Figure 3.9 : Nombre d'appels répondus par heure du 1 au 7 avril 2017 pour Info-Santé

La Figure 3.10 représente la répartition des appels répondus pour la clientèle enregistrée pour Info-Santé, par heure, du 1^{er} au 7 avril 2017.

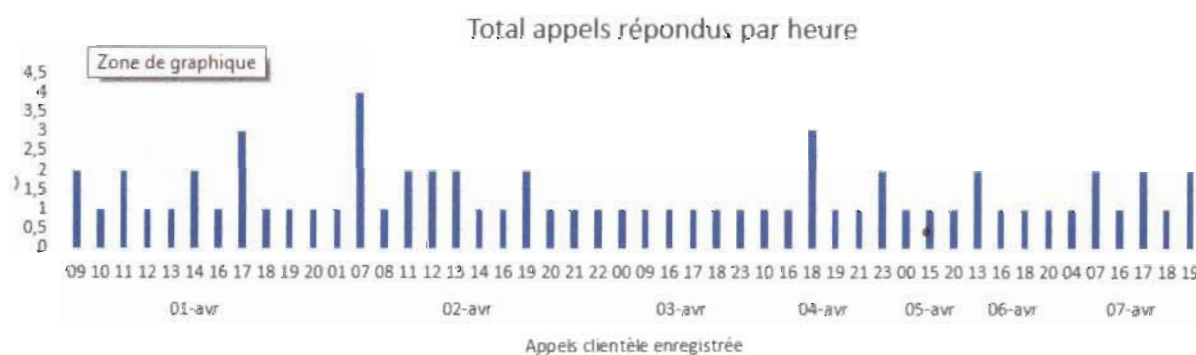


Figure 3.10 : Nombre d'appels répondus par heure du 1 au 7 avril 2017 pour Info-Santé, clientèle enregistrée

La Figure 3.11 présente la répartition des appels répondus pour Info-Social de type Crise par heure, du 1^{er} au 7 avril 2017.

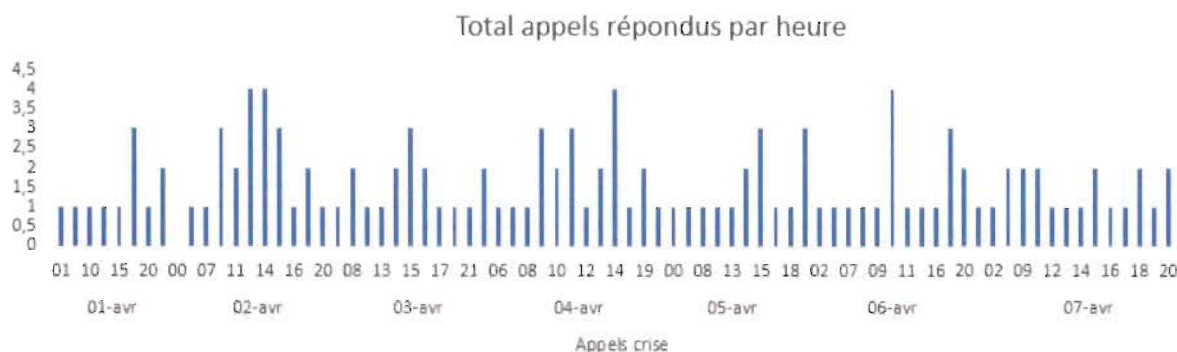


Figure 3.11 : Nombre d'appels répondus par heure du 1 au 7 avril 2017 pour Info-Social Crise

La Figure 3.12 présente la répartition des appels répondus pour Info-Social de type Info, par heure, du 1^{er} au 7 avril 2017.

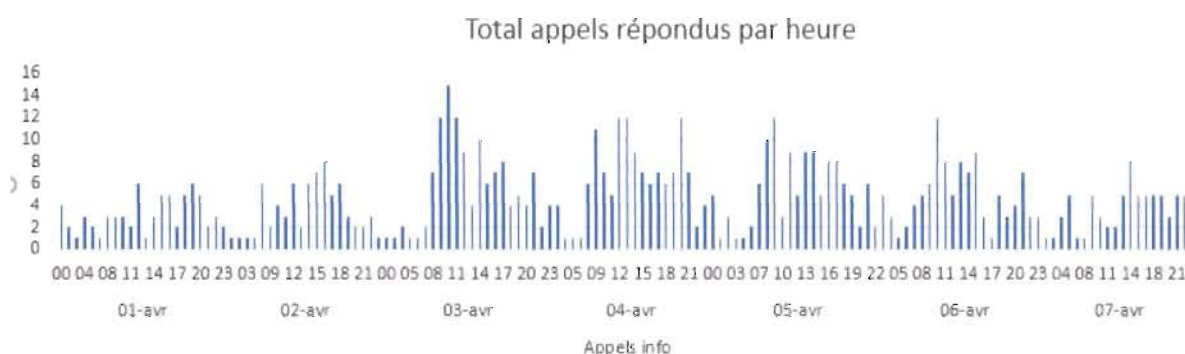


Figure 3.12 : Nombre d'appels répondus par heure du 1 au 7 avril 2017 pour Info-Social Info

Le taux d'arrivée des appels utilisé dans le modèle correspond à la situation réelle.

3.3.2 Ressources

Les ressources du modèle de simulation sont les intervenants du centre d'appels. Leur disponibilité aux 15 minutes est obtenue à partir des feuilles de présence. Un diagramme de Gantt a été d'ailleurs développé pour faciliter la visualisation et le traitement des données. Les figures 3.13, 3.14 et 3.15 montrent la disponibilité des ressources associées à Info-Santé ou Info-Social pour chacune des 96 périodes de 15 minutes. Une case noire indique que l'intervenant est disponible durant la période et une case blanche qu'il n'est pas disponible. Une case jaune correspond à la ressource ASI. Il doit y avoir une ASI en tout temps durant chaque quart de travail. Lorsque l'ASI désignée est en pause, ses responsabilités sont transférées momentanément à une infirmière.

T Y P E	N O M	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30	01:45	02:00	02:15	02:30	02:45	03:00	03:15	03:30	03:45	04:00	04:15	04:30	04:45	05:00	05:15	05:30	05:45	06:00	06:15	06:30
		00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30	01:45	02:00	02:15	02:30	02:45	03:00	03:15	03:30	03:45	04:00	04:15	04:30	04:45	05:00	05:15	05:30	05:45	06:00	06:15	06:30
S a n t é	Inf 1																											
	Inf 2																											
	Inf 3																											
	Inf 4																											
	Inf 5																											
	Inf 6																											
	Inf 7																											
	Inf 8																											
	Inf 9																											
	Inf 10																											
	Inf 11																											
	Inf 12																											
	Inf 13																											
	Inf 14																											
	Inf 15																											
	Inf 16																											
S o c i a l	Inter. 1																											
	Inter. 2																											
	Inter. 3																											
	Inter. 4																											
	Inter. 5																											
	Inter. 6																											
	Inter. 7																											
Total inter.		7	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	4	4	4
Infirmiere		5	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
Inter. social		2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2
Période		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27

Figure 3.13 : Horaire quart de nuit par périodes de 15 min

T Y P E	N O M	06:45	07:00	07:15	07:30	07:45	08:00	08:15	08:30	08:45	09:00	09:15	09:30	09:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30	13:45	14:00	14:15	14:30	14:45
S a n t é	Inf 1																																	
	Inf 2																																	
	Inf 3																																	
	Inf 4																																	
	Inf 5																																	
	Inf 6																																	
	Inf 7																																	
	Inf 8																																	
	Inf 9																																	
	Inf 10																																	
	Inf 11																																	
	Inf 12																																	
	Inf 13																																	
	Inf 14																																	
	Inf 15																																	
	Inf 16																																	
S o c i a l	Inter. 1																																	
	Inter. 2																																	
	Inter. 3																																	
	Inter. 4																																	
	Inter. 5																																	
	Inter. 6																																	
	Inter. 7																																	
Total inter.		6	5	5	5	12	8	8	8	8	9	8	9	7	10	11	8	11	8	9	10	10	8	8	8	8	8	8	6	6	11	9	12	12
Infirmière		4	3	3	3	8	6	6	6	6	6	5	6	5	8	8	5	8	7	7	7	7	5	5	5	5	5	5	4	3	7	5	8	8
Inter. social		2	2	2	2	4	2	2	2	2	3	3	3	2	2	3	3	3	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	4	4	4	4
Période		28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60

Figure 3.14 : Horaire quart de jour par périodes de 15 min

T Y P E	N O M	15:00	15:15	15:30	15:45	16:00	16:15	16:30	16:45	17:00	17:15	17:30	17:45	18:00	18:15	18:30	18:45	19:00	19:15	19:30	19:45	20:00	20:15	20:30	20:45	21:00	21:15	21:30	21:45	22:00	22:15	22:30	22:45	23:00	23:15	23:30	23:45
S a n t é	Inf 1																																				
	Inf 2																																				
	Inf 3																																				
	Inf 4																																				
	Inf 5																																				
	Inf 6																																				
	Inf 7																																				
	Inf 8																																				
	Inf 9																																				
	Inf 10																																				
	Inf 11																																				
	Inf 12																																				
	Inf 13																																				
	Inf 14																																				
	Inf 15																																				
	Inf 16																																				
S o c i a l	Inter. 1																																				
	Inter. 2																																				
	Inter. 3																																				
	Inter. 4																																				
	Inter. 5																																				
	Inter. 6																																				
	Inter. 7																																				
Total inter.		13	13	11	12	11	12	11	13	10	11	7	8	9	10	11	10	9	7	8	11	8	8	6	7	6	5	3	4	5	5	5	6	7	6	6	7
Infirmiere		8	8	7	8	7	9	8	9	8	8	5	6	5	6	8	7	6	5	5	8	5	5	5	5	4	4	2	2	3	3	3	4	4	4	4	5
Inter. social		5	5	4	4	4	3	3	4	2	3	2	2	4	4	3	3	2	3	3	3	3	1	2	2	1	1	2	2	2	2	2	3	2	2	2	
Période		61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96

Figure 3.15 : Horaire quart du soir par périodes de 15 min

Dans le modèle de simulation, des cédules ont été établies avec le nombre de ressources disponibles dans chaque bloc de 15 minutes.

3.3.3 Distributions Statistiques

Les données fournies par le centre d'appels ont permis de déterminer les distributions statistiques, par le biais de l'outil Output Analyser fournie avec ARENA, pour les différentes étapes des trajectoires suivies par les appels.

Tout d'abord, l'analyse des temps de complétion de fiche pour les appels Info-Santé de la clientèle générale, a permis de constater que, dans 37% des cas, ce temps était égal à 0 minute. Cela signifie que les infirmières seraient redevenues disponibles immédiatement après la fin de l'appel, laissant supposer que la fiche aurait été remplie après l'appel ou aurait été remplie durant l'appel. Un fort pourcentage de temps de complétion de fiche de 0 minute a nécessairement un impact sur le temps moyen de complétion de fiche (TMCF). En considérant les temps de complétion de fiche égaux à 0, le TMCF est 4,45 minutes. Si on élimine les temps de complétion de fiche nuls, le TMCF passe à 7,14 minutes.

Par conséquent, deux distributions relatives au temps de complétion des fiches pour les appels Info-Santé (avec et sans 0) ont été définies. La distribution du temps de complétion de fiche sans zéro a été faite à partir des données recueillies.

L'ensemble des distributions statistiques utilisées dans le modèle de simulation ainsi que les moyennes, les minimums et les maximums sont présentés au Tableau 3.6.

Tableau 3.6 : Distributions statistiques du modèle

Étape du processus	Distribution statistique (min.)	Nombre de données	Min (min.)	Max (min.)	Moyenne (min.)
Appels clientèle enregistrée (Info-Santé)					
Durée de traitement des appels	GAMM(6.51, 1.06)	66	0,02	36,48	6,92
Temps de complétion de la fiche	-0.001 + EXPO(4.26)	66	0,00	28,32	4,26
Appels clientèle générale (Info-Santé)					
Durée de traitement des appels	-0.001 + ERLA(5.2, 2)	2719	0,00	55,65	10,40
Temps de complétion de la fiche (avec 0)	-0.001 + 82 * BETA(0.494, 8.61)	2720	0,00	81,48	4,45
Temps de complétion de la fiche (sans 0)	-0.001 + WEIB(7.87, 1.09)	1693	0,02	81,48	7,14
Appels Crise (Info-Social)					
Durée de traitement des appels	63 * BETA(0.563, 2.64)	122	0,02	62,98	11,06
Appels Info (Info-Social)					
Durée de traitements d'appels	-0.001 + GAMM(11.4, 0.78)	612	0,00	65,73	8,93
Ligne partenaire					
Durée de traitement des appels entrant	LOGN(5.16, 5.08)	56	0,77	22,58	5,19
Durée de traitement des appels sortant	LOGN(2.93, 8.16)	47	0,03	19,58	2,47

Le nombre de données du Tableau 3.6, ne représente pas le nombre d'appels reçus mais plutôt le nombre de blocs de 15 minutes durant lesquels des tâches ont été effectuées. En effet, il se peut qu'en une période de 15 minutes, le centre ait reçu 2, 3 et parfois 4 appels. Et donc, on prenait la moyenne des durées de ces appels et la moyenne du temps de complétion des fiches. Par exemple, le 1^{er} avril 2017, le centre a reçu deux appels de 18h à 18h15. La durée totale pour ces deux appels était de 12,18 minutes. Donc, la durée moyenne de ces appels est $12,18 \text{ min.} / 2 = 6,09 \text{ minutes}$.

3.3.4 Régime transitoire

Puisque les services du centre d'appel sont offerts 24h sur 24, la simulation s'exécute sur un horizon infini. Pour cela, il faut déterminer le régime transitoire. Le régime transitoire correspond à la période de temps nécessaire pour que les résultats de la simulation se stabilisent. Dans notre cas, le résultat qui nous intéresse est le temps d'attente. La détermination du régime transitoire se fait visuellement à partir du graphique généré par l'Input Analyzer du logiciel Arena. À la Figure

3.16, la stabilité du temps d'attente commence à s'installer après $80 * 10^3$ minutes ce qui correspond à 56 jours. Pour une meilleure validation, la période transitoire a été fixée à 70 jours (10 fois une semaine).

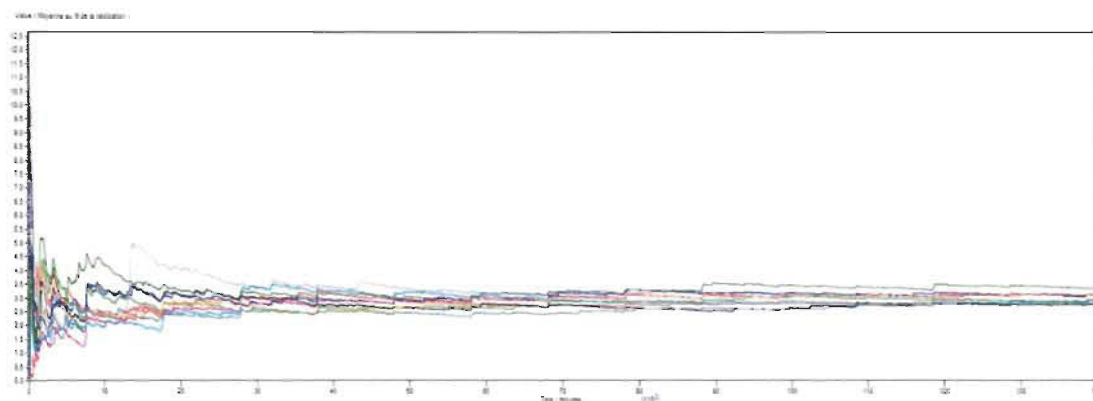


Figure 3.16 : Régime transitoire

Pour les simulations en horizon infini, il est convenable de simuler sur une période qui correspond à 10 fois la durée de la période transitoire. Par conséquent, la durée de la simulation a été fixée à 700 jours. En ajoutant la période transitoire, le modèle sera exécuté durant 770 jours. Le nombre de répliques a été fixé à 5, ce qui permettra de réduire l'intervalle de confiance du temps d'attente mesuré.

3.3.5 Validation du modèle de simulation

Le modèle de simulation a été validé de deux façons. La première consiste à vérifier le flux des appels par le biais de l'animation. De cette manière, on s'assure que les entités (chaque type d'appels) suivent les bonnes trajectoires c'est-à-dire celles qui ont été déterminées par le biais des cartographies. La deuxième est de comparer les résultats de la simulation concernant le temps d'attente et le nombre d'appels répondus par rapport à la réalité.

Le tableau 3.7 présente les résultats du modèle de simulation pour les temps d'attente des appels Info-Santé du 1^{er} avril 2017 avec les temps de complétion de fiche égales à 0. L'écart entre le temps d'attente réel et simulé est de 7.6% ce qui est acceptable pour valider le modèle.

Tableau 3.7 : Temps d'attente simulé vs réalité

	Simulé	Réel
Temps d'attente pour les appels santé	3,03	3,28

Considérant le manque d'informations relatives aux autres types d'appels, il était impossible de comparer leurs temps d'attente avec la réalité. Cependant, il était possible de comparer le nombre des appels reçus en réalité et avec ceux obtenus par la simulation. Le tableau 3.8 présente une comparaison du nombre d'appels répondus réel et simulé pour la semaine du 1^{er} au 7 avril 2017.

Tableau 3.8 : Nombre d'appels répondus simulé vs réalité du 1^{er} au 7 avril 2017

Type d'appel	Nombre d'appels répondus (1 ^{er} au 7 avril 2017		Écart	Écart en %
	Réel	Simulé		
Clientèle enregistrée	67	67	0	0 %
Appel Santé	2908	2903	5	0,1 %
Appel Crise	128	126	2	1,5 %
Appel Info	688	690	2	0,28 %
Appel partenaire entrant	178	178	0	0 %
Appel partenaire sortant	152	152	0	0 %

CHAPITRE 4 : ANALYSE ET RÉSULTATS DU PLAN D'EXPÉRIENCES À UNE VARIABLE

Ce chapitre présente les résultats des expérimentations, les analyses de la variance et la procédure de comparaison des temps d'attente moyens par la méthode de Tukey. Il est divisé en deux sections principales. Comme il y avait un écart entre le temps de complétion de fiche compilé à partir des données informatisées (avec et sans zéro), les résultats sont présentés selon les distributions définies dans le Tableau 3.6 ces deux temps. L'analyse permet d'identifier les scénarios qui minimisent le temps d'attente pour chacun des cas.

4.1 Plan d'expériences à une variable

Dans ce plan d'expériences, seules les variables de contrôle sont manipulées.

4.1.1 La variable réponse

Pour ce plan d'expériences, la variable réponse correspond au temps d'attente des appels Info-Santé de la clientèle générale.

4.1.2 Les variables de contrôle

Dans notre étude, la variable de contrôle correspond aux scénarios testés avec le modèle de simulation. Un scénario représente la répartition des ressources dans les différents horaires de travail disponibles par quart. Seuls les horaires des quarts de jour et de soir ont été testés. Donc, la répartition des ressources dans les horaires de travail a été manipulée pour créer divers scénarios. Pour l'élaboration des scénarios, l'une des conditions du centre d'appels était de garder le même nombre d'infirmières par quart de travail. Cette modification concerne plus précisément le quart de jour. Cette variable comporte 9 niveaux différents : la situation actuelle plus 8 scénarios. Le tableau 4.1 montre la répartition des ressources selon l'horaire actuel du lundi au vendredi. Il présente aussi les scénarios qui sont testés avec le modèle de simulation. Les quarts de nuit et les journées du samedi et dimanche n'ont pas été modifiés, donc elles ne sont pas présentées dans les graphiques suivants. La situation actuelle utilise des quarts de travail atypiques qui ont été éliminés lors de la mise en place des nouveaux scénarios.

Tableau 4.1 : Situation actuelle et scénarios 1 à 8

	Lundi (21 infirmières)								Mardi (24 infirmières)								Mercredi (27 infirmières)								Jeudi (24 infirmières)								Vendredi (21 infirmières)										
	Quarts de travail								Quart de travail								Quart de travail								Quart de travail								Quart de travail										
Scénarios	6h45-15h	7h45-16h	8h-12h	10h-18h15	12h-20h	15h-19h	15h-23h	16h-24h	6h45-15h	7h45-16h	8h-12h	10-18h15	12-20h00	15-19h00	15h-23h	16h-24h	17h-22h	18h-23h45	6h45-15h	7h45-16h	8h-12h	10-18h15	12-20h00	15h-19h	15h-23h	16h-24h	6h45-15h	7h45-16h	8h-12h	10-18h15	12h-20h	15h-19h	15h-23h	16h-24h	16h-23h15								
Actuel	3	6		1		7	4	6	7					7	2	1	1	6	8						8	5	6	7		8	12h-20h	15h-19h	15h-23h	16h-24h	6h45-15h	7h45-16h	8h-12h	10-18h15	12h-20h	15h-19h	15h-23h	16h-24h	16h-23h15
1	4	3		2	1	7	4	6	4			1	2	7	4			6	4		2	2		8	5	4	5		2	2	6	5	4	3		1	2		6	5			
2	4	4		1	1	7	4	6	5			2		7	4			6	5		1	2		8	5	5	5		1	2	6	5	4	4			2		6	5			
3	4	5			1	7	4	6	5			2		7	4			6	6			2		8	5	5	6		2		6	5	4	4			2		6	5			
4	3	6		1		7	4	6	6			1		7	4			6	7			1		8	5	6	6		1		6	5	4	5			1		6	5			
5	4	6		1		7	3	6	7			1		7	3			7	7			1		8	4	6	7		1		6	4	5	5			1		6	4			
6	5	6		1		6	3	7	7			1		6	3			7	8			1		7	4	7	7		1		5	4	5	6			1		5	4			
7	3	5		3	1	6	3	7	8			1		5	3			8	8				1		8	3	8	6		1		5	4	5	5		2		5	4			
8	4	6	1			1	7	3	6	7	1		1	7	3			7	7	1			1	8	4	6	7	1		1	6	4	5	5	1			1	6	4			

Pour mieux comprendre les scénarios présentés au , comparons par exemple le scénario 1 avec le scénario actuel pour la journée du lundi. La situation actuelle du lundi comporte 6 infirmières de 7h45 à 16h alors que le scénario 1 n'en comporte que 3. Les 3 infirmières en moins se retrouvent de 6h45 à 15h (1 infirmière), de 10h à 18h15 (1 infirmière) et de 12h à 20h (1 infirmière).

Ces changements ont été faits afin d'augmenter le nombre d'infirmières présentes durant les périodes d'achalandage identifiées à la Figure 3.9. Les changements varient d'un jour à l'autre pour mieux répondre aux périodes où les appels sont en grand nombre. Les scénarios 2 à 8 présentent d'autres changements du même type. Tous les scénarios présentent des quarts de travail de 8 heures sauf le scénario 8 qui présente deux quarts de 4 heures (infirmières à temps partiel).

Le plan d'expériences à une variable (9 niveaux) est exécuté avec le modèle de simulation. Les niveaux de la variable correspondent au scénario actuel et aux scénarios 1 à 8. L'équation mathématique qui représente ce plan d'expériences est la suivante :

$$Y_{ij} = \mu + A_i + \varepsilon_{ij}$$

Où

Y_{ij} : temps d'attente des usagers pour les appels Info-Santé clientèle générale en utilisant le scénario i à la réplique j , $i = 0, \dots, 8$ et $j = 1, \dots, 5$.

μ : moyenne de la population.

A_i : les horaires de travail, $i = 0$ (actuel), de 1 à 8

ε_{ij} : erreur expérimentale où j est le nombre de répétitions, de 1 à 5

Cinq répétitions ont été effectuées pour un total de 45 expériences (9 scénarios x 5 répétitions). Le nombre de répétition permet de réduire l'intervalle de confiance. Plus l'intervalle est restreint, meilleurs sont les résultats. L'analyse de ce plan d'expériences est faite avec l'analyse de la variance et un seuil de signification de 5% est considéré. Le test Tukey est aussi utilisé pour faire les comparaisons entre les scénarios.

4.2 Analyse des scénarios proposés avec les temps de complétion de fiche (avec zéro)

Le tableau 4.2 présente les temps d'attente (en minutes) pour les appels Info-Santé clientèle générale, après une simulation des différents scénarios.

Tableau 4.2 : Temps d'attente pour les appels Santé avec 0

	Scénario actuel	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5	Scénario 6	Scénario 7	Scénario 8
Réplication 1	2,97	5,11	4,82	4,43	3,79	3,4	3,46	3,97	3,82
Réplication 2	3,08	5,16	5,20	4,67	3,62	3,55	3,50	3,89	3,50
Réplication 3	3,04	5,0	4,84	4,65	3,84	3,50	3,57	3,93	3,74
Réplication 4	3,24	5,19	4,80	4,34	3,84	3,62	3,59	4,17	3,64
Réplication 5	3,05	5,1	4,72	4,66	3,73	3,46	3,52	3,9	3,80

Les résultats de l'analyse de la variance est présentée au tableau 4.3. Le seuil de confiance est fixé à 5 %.

Tableau 4.3 : Analyse de la variance

Source	Degré de liberté	Somme Carré ajusté	CM ajusté	Valeur F	Valeur de p
Scénario	8	18,8636	2,35795	172,6343	0,000
Erreur	36	0,4917	0,01366		
Total	44	19,3553			

La valeur de p des scénarios est inférieure à 5 %. Ce qui signifie qu'il y a des différences significatives entre les scénarios. Pour ce qui est du récapitulatif du modèle (tableau 4.4), l'écart

type S se rapproche de 0 et le R^2 nous informe que 97 % des résultats obtenus sont justifiés par le modèle.

Tableau 4.4 : Récapitulatif du modèle

S	R^2	R^2 (ajust)	R^2 (prév)
0,116871	97,46 %	96,89 %	96,03 %

L'analyse des données résiduelles, présentée à l'annexe 2, confirme aussi la validité du modèle.

Le test de Tukey permet de regrouper les scénarios dont le temps d'attente est jugé identique statistiquement à un seuil de confiance de 5%. Le tableau 4.5 présente les résultats.

Tableau 4.5 : Informations de groupement avec la méthode de Tukey

Variable	Réplication	Moyenne des temps d'attente	Groupes
Scénario 1	5	5,11	A
Scénario 2	5	4,87	A
Scénario 3	5	4,55	B
Scénario 7	5	3,97	C
Scénario 4	5	3,76	C D
Scénario 8	5	3,70	D E
Scénario 6	5	3,52	D E
Scénario 5	5	3,50	E
Actuel	5	3,07	F

Le test de Tukey au tableau 4.5 montre que le groupe A comprend les scénarios 1 et 2. La moyenne du scénario 1 est considérée égale à la moyenne du scénario 2. Il montre également que le groupe F comprend le scénario actuel, que le groupe E contient les scénarios 5, 6 et 8 et que le groupe D contient les scénarios 6, 8 et 4. Les scénarios 6 et 8 sont dans les deux groupes (E et D) et seuls les scénarios actuel et 5 ne partagent aucune lettre. Ainsi, leurs moyennes sont, par conséquent, significativement différentes. L'analyse des autres groupes montrent qu'au final, les scénarios actuel, 5, 7 et 3 ont des moyennes significativement différentes.

Le scénario proposé par les gestionnaires du centre d'appels (scénario 1) présente le temps d'attente le plus long avec une moyenne de 5,13 minutes tandis que le scénario actuel permet d'obtenir le temps d'attente minimum avec 3,08 minutes. À titre de rappel, le scénario 1 consiste à déplacer deux ressources planifiées le matin à 6h45 et 7h45 et à les mettre sur les quarts de 10h à 18h et de 12h à 20h. Le scénario 5 permet aussi d'obtenir un temps d'attente bas avec 3,52 minutes. Ce scénario consiste dans l'ensemble à planifier plus de ressources sur les quarts de travail du matin (6h45 à 15h ou 7h45 à 16h) et à ajouter une ressource sur le quart de 12h à 20h.

4.3 Analyse des scénarios proposés avec les temps de complétion de fiche (sans zéro)

Le tableau 4.6 présente les temps d'attente moyens obtenus suite à la simulation pour les appels Info-Santé clientèle générale, une fois les temps de complétion de fiche nuls éliminés. La distribution statistique $(-0.001 + \text{WEIB}(7.87, 1.09))$ présentée au Tableau 3.6 dont la moyenne est 7.14 minutes a été utilisée.

Tableau 4.6 : Temps d'attente pour les appels Info-Santé sans 0

	Scénario actuel	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5	Scénario 6	Scénario 7	Scénario 8
Réplication 1	9,92	18,89	17,1	15,17	13,09	10,83	11,35	12,82	10,74
Réplication 2	9,96	18,26	17,75	15,99	13,23	10,43	10,70	13,83	10,21
Réplication 3	9,59	18,54	17,38	16,13	12,95	10,98	10,31	13,10	10,52
Réplication 4	10,06	19,03	17,80	15,46	12,58	10,43	10,75	13,29	10,33
Réplication 5	9,79	18,67	17,89	15,84	13,72	10,89	10,76	13,64	10,15

Encore une fois, l'analyse de la variance, tableau 4.7, confirme que la variable scénario est significatif avec une valeur de P inférieure à 5 %.

Tableau 4.7 : Analyse de variance

Source	Degré de liberté	Somme Carré ajusté	CM ajusté	Valeur F	Valeur de p
Scénario	8	432,834	54,1042	496,00	0
Erreur	36	3,927	0,1091		
Total	44	436,761			

Le récapitulatif du modèle (tableau 4.8) montre que le R^2 et le R^2 ajusté sont proches de 100 %. La valeur du R^2 confirme que le modèle explique 99,10 % des résultats obtenus.

Tableau 4.8 : Récapitulatif du modèle

S	R^2	R^2 (ajust)	R^2 (prév)
0,330276	99,10 %	98,90 %	98,60 %

L'analyse des données résiduelles, confirme aussi la validité du modèle (voir annexe 3).

Les résultats du test de Tukey sont présentés au tableau 4.9.

Tableau 4.9 : Informations de groupement avec la méthode de Tukey

Variable	Réplication	Moyenne des temps d'attente	Groupes
Scénario 1	5	18,68	A
Scénario 2	5	17,60	B
Scénario 3	5	15,72	C
Scénario 7	5	13,34	D
Scénario 4	5	13,11	D
Scénario 6	5	10,77	E
Scénario 5	5	10,71	E
Scénario 8	5	10,39	E F
Actuel	5	9,86	F

Considérant que seuls les scénarios ne partageant aucune lettre ont des moyennes statistiquement différentes, l'analyse du tableau 4.9 montre que le scénario actuel est différent des scénarios 5 et 6 qui, eux, sont considérés avoir des temps moyens d'attente identiques statistiquement.

Au final, les scénarios 1, 2, 3, (7 et 4), (5 et 6) et actuel présentent des moyennes statistiquement différentes.

Encore une fois, le scénario des gestionnaires (scénario 1) présente le temps d'attente moyen le plus grand avec 18,68 minutes tandis que le scénario actuel affiche le temps d'attente moyen le

plus bas avec 9,86 minutes. Le scénario 8, qui consiste à ajouter deux ressources à temps partiel (8h à 12h et 15h à 19h), montre un temps moyen d'attente de 10,39 minutes. Il est considéré statistiquement performant avec le scénario actuel (9,86 minutes). Il est aussi considéré statistiquement identique aux scénarios 5 et 6 avec respectivement une moyenne d'attente de 10,71 minutes et 10,77 minutes.

Le tableau 4.10 présente les scénarios ayant les plus bas temps d'attente en considérant dans le modèle de simulation les temps de complétion de fiche avec et sans zéro. En considérant les regroupements de Tukey, 4 scénarios ont été retenus au final.

Tableau 4.10 : Récapitulatif des scénarios retenus

Temps de complétion de fiche avec zéro		Temps de complétion de fiche sans zéro	
Scénarios	Temps d'attente (minutes)	Scénarios	Temps d'attente (minutes)
Actuel	3,08	^a Actuel	9,86
^a Scénario 5	3,52	^{ab} Scénario 8	10,39
^a Scénario 6	3,53	^b Scénario 5	10,71
^a Scénario 8	3,70	^b Scénario 6	10,77
^{ab} Scénarios équivalents selon le test de Tukey			

Le tableau 4.11 montre la répartition des ressources selon les quarts de travail pour les scénarios retenus.

Tableau 4.11 : Répartition des ressources

	Lundi (21 infirmières)							Mardi (24 infirmières)							Mercredi (27 infirmières)							Jeudi (24 infirmières)							Vendredi (21 infirmières)										
	Quarts de travail							Quart de travail							Quart de travail							Quart de travail							Quart de travail										
Scénarios	6h-15h	7h-16h	8h-12h	10h-18h	12h-20h	15h-19h	15h-23h	16h-24h	6h-15h	7h-16h	8h-12h	10-18h	12-20h	15-19h	15h-23h	16h-24h	17h-22h	18h-23h	6h-15h	7h-16h	8h-12h	10-18h	12-20h	15h-19h	15h-23h	16h-24h	6h-15h	7h-16h	8h-12h	10-18h	12h-20h	15h-19h	15h-23h	16h-24h	16h-23h				
Actuel	3	6	1			7	4	6	7						7	2	1	1	6	8						8	5	6	7					6	5	5	4		
5	4	6	1			7	3	6	7			1			7	3			7	7				1		8	4	6	7			6	4	5	5				
6	5	6	1			6	3	7	7			1			6	3			7	8				1		7	4	7	7			5	4	5	6				
8	4	6	1			1	7	3	6	7	1				1	7	3			7	7	1				1	8	4	6	7	1			1	6	4	5	5	1

En conclusion, le nouvel horaire élaboré par les gestionnaires correspondant aux scénarios 1 et 2 n'a pas donné les résultats souhaités puisque les temps d'attente moyens sont très élevés. Parmi les

horaires additionnels testés, ceux des scénarios 5, 6 et 8 donnent des résultats s'approchant de l'horaire actuel mais sans l'améliorer.

Le chapitre suivant présente les résultats du plan d'expériences Taguchi. Il sera effectué dans le but de déterminer le scénario le plus robuste parmi les 4 scénarios lorsque soumis à la variation des variables bruit tels que l'augmentation du nombre d'appels entrants, des appels plus longs et une durée de complétion des fiches plus longues.

CHAPITRE 5 : ANALYSE ET RÉSULTATS DU PLAN D'EXPÉRIENCES TAGUCHI

5.1 Plan Taguchi

L'approche Taguchi a pour objectif d'optimiser la variable réponse en fixant les variables de contrôle pour assurer, non seulement un temps moyen d'attente minimum, mais également pour réduire au minimum l'influence des variables bruit sur la variabilité de la variable réponse. Pour évaluer cette variabilité, Taguchi propose le calcul d'un ratio signal/bruit par analogie au génie électrique où le signal représente la qualité désirée alors que le bruit est un élément nuisible.

Le plan Taguchi testé est un plan croisé comportant un plan principal ($L_8 (4^1 \times 2^4)$) auquel sont affectés les variables de contrôle et un plan externe $L_9 (3^3)$ croisé à 90° avec le plan principal auquel sont affectés les variables bruit.

5.1.1 Les variables bruit

Dans le cas du centre d'appels, la variable dépendante n'est pas influencée seulement par les variables de contrôle. Certaines variables externes et non contrôlables peuvent influencer le temps d'attente. Une des variables bruit est le nombre d'appels qui peut augmenter sans préavis à cause d'une épidémie liée à la grippe, par exemple. Une deuxième variable bruit est la durée des appels qui peut augmenter si des usagers désirent plus d'informations ou ont besoin d'être rassurés. Une troisième variable bruit est le temps moyen de complétion d'une fiche qui peut augmenter. Les 3 niveaux sont déterminés au Tableau 5.1.

Tableau 5.1 : Les variables bruit et leurs niveaux

Variables	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Taux d'arrivée des appels	Augmentation 5 %	Augmentation 10 %	Augmentation 15 %
Temps de complétion de la fiche	Augmentation 15 %	Augmentation 25 %	Augmentation 35 %
Durée des appels Info-Santé	Augmentation 15 %	Augmentation 25 %	Augmentation 35 %

Le plan Taguchi proposé est un plan croisé comportant un plan principal auquel sont affectés les variables s de contrôle et un plan externe croisé à 90° avec le plan principal auquel sont affectés les variables bruit. Pour le plan principal, la variable de contrôle considéré est les scénarios et les niveaux correspondront aux meilleurs trouvés lors de l'analyse du plan à une variable.

Pour le plan externe, les variables bruit sont le nombre d'appels entrant, la durée des appels et le temps de la complétion de la fiche.

L'équation mathématique qui représente le plan d'expériences est:

$$Y_{ijklm} = (\mu + A_i + \varepsilon_{ij})(\mu + B_k + C_l + D_m + \varepsilon_{klm})$$

Où

Y_{ijklm} : temps d'attente des usagers pour les appels Info-Santé clientèle générale dans le scénario $i = 0$ à 8, à la réplication $j = 1, \dots, 5$, en considérant les variables bruit k, l et m où $k, l, m = 1, 2, 3$.

μ : moyenne de la population.

A_i : les horaires de travail, $i = 0$ (actuel), de 1 à 8

ε_{ij} : erreur expérimentale du scénario i de la réplication j , $i = 0, \dots, 8$, $j = 1, \dots, 5$. 1 à 5

B_k : augmentation du nombre d'appels, $k =$ niveau 1, 2 ou 3

C_l : augmentation de la durée de la complétion de la fiche, $l =$ niveau 1, 2 ou 3

D_m : augmentation de la durée des appels, $m =$ niveau 1, 2 ou 3

ε_{klm} : erreur expérimentale, $k, l, m = 1, 2, 3$.

L'analyse des variables bruit permettra d'identifier le scénario le plus robuste. Un scénario est robuste si les variables bruit affectent peu le temps d'attente des appels. Le calcul du ratio signal/bruit, permet d'identifier le scénario le plus robuste lorsque soumis aux variables bruit. Dans notre cas, l'objectif est de minimiser le temps d'attente et la formule utilisée est alors :

$$S/N_{SB} = -10 \log_{10} \left[\frac{\sum_{i=1}^n Y^2}{n} \right]$$

L'analyse de ce plan d'expériences est faite avec l'analyse de la variance et un seuil de signification de 5% est considéré.

Pour le plan principal, une variable de contrôle est considérée (scénarios) et les niveaux sont ceux retenus au chapitre 4 : actuel, 5, 6 et 8. Donc, une variable à 4 niveaux.

Pour le plan externe, les variables bruit sont le nombre d'appels entrant, la durée des appels et le temps de la complétion de la fiche.

Comme au chapitre 4, les résultats sont présentés selon les temps de complétion de fiche avec et sans zéro.

5.2 Analyse du plan Taguchi avec les temps de complétion de fiche (avec zéro)

Les nouvelles distributions statistiques à prendre en compte dans le modèle de simulation en considérant les taux d'augmentation présentés au Tableau 5.1 sont présentées au tableau 5.2.

Tableau 5.2 : Nouvelles distributions après augmentation

	Actuel	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Nombre d'appels entrant	2908	3048	3206	3344
Temps de complétion de la fiche en considérant les 0	-0.001 + 82 * BETA(0.494, 8.61)	-0.001 + 94 * BETA(0.494, 8.58)	-0.001 + 102 * BETA(0.494, 8.56)	-0.001 + 110 * BETA(0.493, 8.54)
Durée des appels Info-Santé	-0.001 + ERLA(5.2, 2)	-0.001 + ERLA(5.98, 2)	-0.001 + ERLA(6.5, 2)	-0.001 + ERLA(7.02, 2)

Pour ce plan Taguchi, 2 réplifications sont réalisées dans le but d'augmenter les degrés de liberté nécessaires pour faire l'analyse de variance. Le plan d'expériences et les résultats de la simulation (temps d'attente pour les appels Info-santé de la clientèle générale) sont présentés au tableau 5.3.

Tableau 5.3 : Temps d'attente pour les appels Info-Santé (plan Taguchi) sans 0

		Variables Bruit	Pourcentage d'augmentation								
		Taux arrivée appel	5	5	5	10	10	10	15	15	15
		Temps complétion de la fiche	15	25	35	15	25	35	15	25	35
		Durée appel	15	25	35	25	35	15	35	15	25
			Temps d'attente								
Variable de contrôle Scénarios	Actuel	Réplication 1	8,96	17,44	42,27	22,03	64,54	39,96	98,79	23,93	90,73
		Réplication 2	8,96	17,65	40,12	21,69	64,47	40,13	122,75	24,07	78,19
	5	Réplication 1	9,91	17,65	36,05	21,84	53,27	19,96	81,44	24,47	66,40
		Réplication 2	9,60	17,79	36,90	21,89	56,29	21,16	80,54	23,40	63,93
	6	Réplication 1	10,19	17,28	36,11	22,80	58,88	20,67	75,97	23,10	71,69
		Réplication 2	10,08	17,65	37,14	22,19	51,09	20,65	88,69	24,00	64,32
	8	Réplication 1	9,53	17,16	35,89	20,97	54,50	19,68	85,79	23,35	70,51
		Réplication 2	9,46	16,66	37,06	20,23	50,52	19,55	84,68	20,45	62,93

Le tableau 5.4 présente l'analyse ANOVA. Le F_{th} est calculé à partir de la table de Fisher pour $\alpha = 0,05$ selon le degré de liberté de chaque variable. Une variable est significative si $F_{obs} > F_{th}$.

Tableau 5.4 : ANOVA

	DL	SS	Ms	F _{obs}	F _{th}
Scénarios	3	1099,79	366,59	3,33	2,7326
Taux d'arrivée	2	19836,20	9918,10	90,34	3,1246
Complétion fiche	2	1832,42	916,21	8,34	3,1246
Durée appel	2	21404,91	10702,45	97,49	3,1246
Erreur	62	6806,18	109,77		
Total	71	50979,52			

L'analyse ANOVA permet d'établir qu'il y a des différences entre les scénarios. Ce résultat correspond à l'analyse à une variable effectuée au chapitre 4.

Les variables bruit sont toutes les trois significatives. Le taux d'arrivée et la durée de l'appel influencent particulièrement les temps d'attente avec des F_{obs} élevés par rapport aux deux autres variables. La Figure 5.1, montre l'effet des variables bruit sur le temps d'attente des appels.

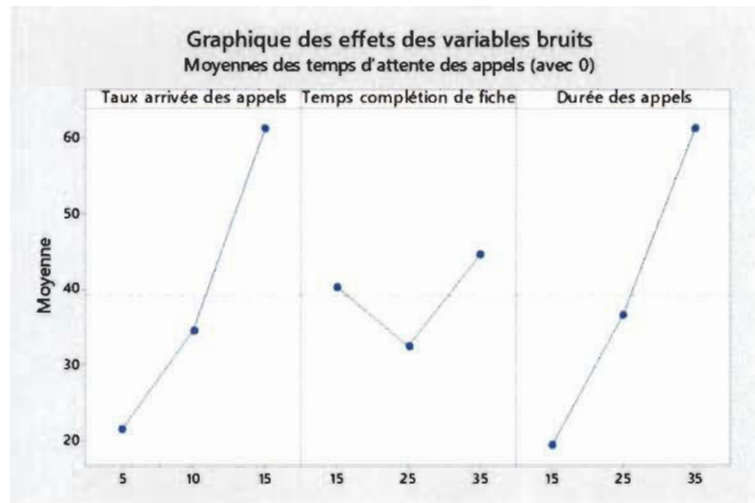


Figure 5.1 : Graphiques des effets des variables bruit

On remarque que l'augmentation du taux d'arrivée des appels fait varier le temps d'attente de 21,6 à 61,4 minutes. L'augmentation de la durée des appels fait varier le temps moyen d'attente de la même manière (de 19,4 à 61,4 minutes). Étonnamment, l'augmentation du temps de complétion de fiche fait moins varier le temps d'attente comparativement aux autres variables bruit (de 32,5 à 44,7 minutes).

Un aspect important de la méthode Taguchi consiste à étudier la variabilité du temps d'attente pour déterminer les variables qui optimisent le temps d'attente. Pour ce faire, un rapport signal/bruit est calculé pour chaque scénario.

Le tableau 5.5 présente les statistiques signal/bruit de chaque scénario. Le scénario le plus robuste par rapport aux variables bruit est celui qui a la statistique signal/bruit la plus grande.

Tableau 5.5 : Temps d'attente et ratios Signal/Bruit

Taux d'arrivée		5	5	5	10	10	10	15	15	15		
Complétion fiche		15	25	35	15	25	35	15	25	35		
Durée appel		15	25	35	25	35	15	35	15	25		
Scénario	Réplication										Signal/ Bruit	Moyenne signal/bruit
Actuel	1	8,96	17,44	42,27	22,03	64,54	39,96	98,79	23,93	90,73	-34,76	
Actuel	2	8,96	17,65	40,12	21,69	64,47	40,13	122,75	24,07	78,19	-35,22	-34,99
5	1	9,91	17,65	36,05	21,84	53,27	19,96	81,44	24,47	66,40	-32,77	
5	2	9,60	17,79	36,90	21,89	56,29	21,16	80,54	23,40	63,93	-32,75	-32,76
6	1	10,19	17,28	36,11	22,80	58,88	20,67	75,97	23,10	71,69	-32,90	
6	2	10,08	17,65	37,14	22,19	51,09	20,65	88,69	24,00	64,32	-32,98	-32,94
8	1	9,53	17,16	35,89	20,97	54,50	19,68	85,79	23,35	70,5	-33,09	
8	2	9,46	16,66	37,06	20,23	50,52	19,55	84,68	20,45	62,9	-32,66	-32,87

Dans le cas actuel, le scénario 5 est le plus robuste. Cela signifie, que malgré la variation des variables bruit, le scénario 5 propose les meilleurs temps d'attente.

5.3 Analyse du plan Taguchi avec les temps de complétion de fiche (sans zéro)

Comme pour l'analyse avec les temps de complétion de fiche incluant les zéro, les nouvelles distributions statistiques à prendre en compte dans le modèle de simulation en considérant les taux d'augmentation présentés au tableau 5.2 sont présentées au tableau 5.6.

Tableau 5.6 : Nouvelles distributions statistiques après augmentation

	Actuel	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Nombre des appels entrants	2908	3048	3206	3344
Temps de complétion de la fiche en éliminant les 0	-0.001 + WEIB(7.87, 1.09)	-0.001 + WEIB(9.05, 1.09)	-0.001 + WEIB(9.83, 1.09)	-0.001 + WEIB(10.6, 1.08)
Durée des appels Info-Santé	-0.001 + ERLA(5.2, 2)	-0.001 + ERLA(5.98, 2)	-0.001 + ERLA(6.5, 2)	-0.001 + ERLA(7.02, 2)

Encore une fois, un plan croisé Taguchi a été utilisé pour réaliser les expériences. Les résultats de la simulation ont montré des temps d'attente variant de 74 à 95 787 minutes. Ces résultats nous font croire que l'augmentation des temps de complétion de fiche sans les zéros, combinée à l'augmentation de la durée de l'appel et du nombre d'appels (autres variables bruit) fait exploser les temps d'attente. Pour mieux comprendre, une analyse une variable à la fois sur la variation des variables bruit a alors été effectuée.

5.3.1 Taux d'arrivée des appels

Le tableau 5.7 résume les temps d'attente pour Info-Santé clientèle générale obtenus avec le modèle de simulation à la suite de la variation du taux d'arrivée des appels entrants. La dernière colonne présente le calcul du rapport signal/bruit pour chacun des scénarios retenus.

Tableau 5.7 : Temps d'attente à la suite d'une augmentation des taux d'arrivée des appels

	Taux d'arrivée des appels															
	+5%					+10%					+15%					Signal/Bruit
	Réplication 1	Réplication 2	Réplication 3	Réplication 4	Réplication 5	Réplication 1	Réplication 2	Réplication 3	Réplication 4	Réplication 5	Réplication 1	Réplication 2	Réplication 3	Réplication 4	Réplication 5	
Actuel	13,25	13,53	13,9	13,54	13,03	19,96	19,9	20,59	19,59	20,85	32,23	31,65	32,97	31,52	31,4	-27,296
5	13,33	13,43	13,89	13,96	13,21	20,98	20,37	20,07	20,84	20,35	30,47	29,42	30,43	28,69	31,02	-27,008
6	14,04	13,78	13,73	14	13,54	20,26	20,69	20,53	20,8	20,37	29,81	30,12	29,82	30,87	28,69	-27,003
8	13,15	12,78	13,51	13,13	13,16	19,86	19,08	19,85	20,36	18,02	29,2	29,01	27,43	28,34	27,38	-26,536

Bien que les rapports signal/bruit soient sensiblement les mêmes, la valeur la plus élevée correspond au scénario 8. Il semble que le scénario 8 soit moins sensible aux variables bruit.

Le tableau 5.8 est un récapitulatif des moyennes des temps d'attente des scénarios avant (tableau 4.10) et après la variation du taux d'arrivée des appels.

Tableau 5.8 : Tableau comparatif des moyennes du temps d'attente suite à la variation du taux d'arrivée des appels

		Augmentation			
		Sans	5%	10%	15%
Scénarios	Actuel	9,86	13,45	20,18	31,95
	5	10,71	13,56	20,52	30,01
	6	10,77	13,82	20,53	29,86
	8	10,39	13,15	19,43	28,27

Ces résultats montrent que, dans les conditions actuelles, le scénario actuel permet d'obtenir le temps d'attente le plus bas. Cependant, lorsque le taux d'arrivée des appels augmente, le scénario 8 permet d'obtenir le temps d'attente le plus bas.

5.3.2 Augmentation de la durée des appels

Le tableau 5.9 résume les temps d'attente pour Info-Santé à la suite de la variation des durées des appels.

Tableau 5.9 : Temps d'attente à la suite d'une augmentation de la durée des appels

	Durée moyennes des appels															
	15%					25%					35%					Signal/Bruit
	Réplication 1	Réplication 2	Réplication 3	Réplication 4	Réplication 5	Réplication 1	Réplication 2	Réplication 3	Réplication 4	Réplication 5	Réplication 1	Réplication 2	Réplication 3	Réplication 4	Réplication 5	
Actuel	19,37	18,11	18,46	17,94	18,61	32	32	31,6	31,49	30,5	66,33	72,03	65,04	73,79	67	-33,072
5	18,09	18,3	19,65	18,62	17,96	29,69	29,9	29,9	30,79	29,26	57,55	52,4	56,42	61,19	57,6	-31,760
6	19,43	18,93	19,19	18,92	17,97	30,02	31,2	28,75	30,75	30,24	66,36	55,55	59,86	60,3	55,95	-32,075
8	17,9	17,21	18,63	17,98	18	28,89	28,02	30,93	30,43	30,5	61,03	56,54	66,94	56,48	52,94	-31,938

Le tableau 5.10 est un récapitulatif des moyennes des temps d'attente des scénarios avant (tableau 4.10) et après la variation de la durée des appels.

Tableau 5.10 : Tableau comparatif des moyennes du temps d'attente suite à l'augmentation de la durée des appels

		Augmentation			
		Sans	15%	25%	35%
Scénarios	Actuel	9,86	18,5	31,52	68,84
	5	10,71	18,52	29,91	57,03
	6	10,77	18,89	30,19	59,6
	8	10,39	17,94	29,75	58,79

Ces résultats montrent que lorsque la durée des appels augmente, les scénarios 5 et 8 permettent d'obtenir le temps d'attente le plus bas. Le ratio signal/bruit calculé au tableau 5.9 montre que le scénario 5 présente le ratio le plus grand et, par conséquent, est moins sensible aux variables bruit.

5.3.3 Augmentation du temps de complétion de la fiche

Le tableau 5.11 résume les temps d'attente pour Info-Santé à la suite de la variation du temps de complétion de la fiche.

Tableau 5.11 : Temps d'attente suite à l'augmentation du temps de complétion de la fiche

	Taux de complétion de la fiche															
	15%					25%					35%					Signal/Bruit
	Réplication 1	Réplication 2	Réplication 3	Réplication 4	Réplication 5	Réplication 1	Réplication 2	Réplication 3	Réplication 4	Réplication 5	Réplication 1	Réplication 2	Réplication 3	Réplication 4	Réplication 5	
Actuel	14,89	14,9	15,76	15,74	15,95	21,03	22,28	21,45	23,2	21,81	35,79	37,13	32,86	32,12	32,8	-27,99
5	16,04	15,81	15,29	15,44	15,41	20,86	21,87	21,7	21,24	20,87	31,29	31,15	33,46	31,26	33,18	-27,60
6	15,93	16,59	16,44	16,31	16,16	21,55	21,59	22,18	22,25	21,24	31,48	34	32,85	31,78	31,12	-27,73
8	15,53	15,31	15,41	15,2	14,66	21,58	21,48	20,47	20,81	20,05	32,67	30,63	31,19	29,37	31,14	-27,35

Le tableau 5.12 est un récapitulatif des moyennes du temps d'attente des scénarios avant (tableau 4.10) et après la variation du temps de complétion de la fiche.

Tableau 5.12 : Tableau comparatif des moyennes du temps d'attente suite à l'augmentation du temps de complétion de la fiche

		Augmentation			
		Sans	15%	25%	35%
Scénarios	Actuel	9,86	15,45	21,95	34,14
	5	10,71	15,6	21,31	32,07
	6	10,77	16,29	21,76	32,25
	8	10,39	15,22	20,88	31

Ces résultats montrent que lorsque le temps de complétion de fiche augmente, le scénario 8 permet d'obtenir le temps d'attente le plus bas. Ce constat est appuyé par le ratio signal/bruit, calculé au tableau 5.11 qui montre que le scénario 8 présente le ratio le plus grand et, par conséquent, est moins sensible aux variables bruit.

Les trois tests réalisés séparément mènent pratiquement vers le même résultat. La situation actuelle permet d'obtenir le temps d'attente le plus bas. Cependant, si jamais, le centre connaissait quelques variations (augmentation du nombre d'appels, de la durée de traitement d'un appel ou du temps de complétion d'une fiche), les scénarios les plus performants seraient les scénarios 5 et 8. En conclusion, les gestionnaires devront faire un choix entre le scénario actuel (tableau 4.11) qui permet d'obtenir le temps d'attente minimum et les scénarios 5 et 8 qui permettent d'obtenir un temps d'attente un peu plus long mais qui sont plus robustes face aux variations des variables bruit.

CHAPITRE 6 : CONCLUSION

6.1 Synthèse de la recherche

Le but de cette recherche était de réduire le temps d'attente des usagers d'Info-Santé 811. Cette réduction du temps d'attente passait par la mise en place d'un horaire de travail qui permettrait de répondre à un maximum d'appels.

La revue de littérature a permis de comprendre et définir les variables indépendantes. La variable de contrôle correspond à divers scénarios générés en répartissant les ressources dans les horaires de travail. Les variables bruit sont la durée des appels, le temps de complétion de la fiche et le taux des appels entrants. Pour ce qui est des variables réponses, deux revenaient dans plusieurs articles : le temps d'attente et les frais relatifs aux salaires des intervenants. La variable réponse retenue était imposée par les gestionnaires du centre. Cette dernière est le temps d'attente des appels Info-Santé. Pour les frais relatifs aux salaires, le gestionnaire était catégorique sur le fait qu'il n'y aura ni mises à pied, ni recrutement d'intervenants. De ce fait, la masse salariale restera globalement la même. Pour la mise en place des scénarios, il fallait prendre en considération les périodes où le nombre d'appels atteint un pic. Pour tester l'effet des variables bruit et les différents scénarios proposés, un modèle de simulations à événements discrets a été développé. Une fois ce modèle validé, une ANOVA a permis de définir les scénarios qui étaient statistiquement performants c'est-à-dire qui minimisaient le temps d'attente. Un plan d'expériences Taguchi a été utilisé pour tester diverses combinaisons des variables bruit sur les scénarios retenus. Avec le rapport signal/bruit, il a été possible d'identifier les variables bruit significatifs et qui ont une influence sur le temps d'attente. Finalement, les scénarios les plus robustes ont pu être ciblés.

Les résultats ont démontré que les horaires de travail avec lesquels fonctionne présentement le centre (scénario actuel) permettent d'obtenir le temps d'attente le plus bas (3,08 minutes – avec les zéro) mais sont plus sensibles à la variation des variables bruit. Les scénarios 5 (plus de ressources sur les horaires de travail du matin et une ressource de 12h à 20h) et 8 (ressource à temps partiel) donnent des temps d'attente un peu plus élevés (3,52 et 3,70 minutes respectivement avec les zéro) mais sont moins sensibles aux variables bruit.

Deux recommandations ressortent de cette étude. La première est d'envisager l'utilisation d'agents travaillant à temps partiel même si le gestionnaire est réticent à envisager cette option. La seconde recommandation est d'analyser comment les variables bruit pourraient être mieux contrôlées pour espérer améliorer la qualité de service. Dans le cas du nombre d'appels, cela est impossible, mais dans le cas des deux autres variables il y a peut-être des possibilités. En effet, pour la durée de l'appel et du temps de complétion de fiche, une analyse plus approfondie pourrait permettre de réduire et standardiser le temps nécessaire pour les réaliser. L'approche Lean (l'élimination des gaspillages) pourrait être utilisée, par exemple, en définissant des questions plus pertinentes qui permettraient de prendre des décisions plus rapides dans le but de réduire la durée d'appel. On pourrait aussi l'utiliser pour faire en sorte qu'on réduise la durée de complétion de fiche après appel. Évidemment, dans le cas d'une éventuelle augmentation du nombre d'appels, il faudra peut-être prévoir le recrutement de quelques intervenants.

6.2 Limitations

Pour la mise en place et la validation du modèle de simulation, il fallait poser quelques hypothèses. Ces hypothèses venaient à la suite d'une limitation au niveau de l'accès à l'information. L'une des premières hypothèses était le choix du mois représentatif. Certes, le mois d'avril représentait un mois où le nombre d'appels était important. Les figures 3.5 et 3.6 montrent que la période 12 est la période avec le plus grand nombre d'appels répondus et reçus. Il fallait aussi se limiter seulement aux informations relatives aux appels répondus étant donné l'absence de données détaillées sur les appels reçus.

La seconde limitation concerne la fiabilité des données. En effet, il fallait composer avec des temps de complétion de fiches sans et avec 0. Le gestionnaire a insisté sur le fait que ce n'était pas possible d'avoir tant de 0. Mais les données disaient autrement. En plus, certaines moyennes étaient manquantes, comme le temps moyen d'attente des différents types d'appels, ou n'étaient disponibles que mensuellement.

Enfin, les données recueillies étaient pour une semaine de travail. Il est conseillé, pour avoir plus de données fiables de prendre les données d'un mois.

6.3 Contributions scientifiques

Dans cette étude, la simulation à événements discrets a été privilégiée contrairement aux nombreux articles utilisant la programmation mathématique. Cette approche permet de comparer plusieurs solutions, soit une répartition du personnel selon divers horaires de travail. Dans le contexte où les gestionnaires souhaitent considérer plusieurs horaires (scénarios), la simulation est une approche appropriée. En effet, elle permet d'identifier une solution qui n'est pas nécessairement optimale (comme le fait un modèle d'optimisation) mais qui peut être plus facile à mettre en place pour les gestionnaires.

L'analyse des variables bruit par un plan Taguchi pour les centres d'appels est pratiquement absente de la littérature. Cette étude vient combler ce vide puisqu'elle permet d'identifier les scénarios robustes face aux variations éventuelles de ces variables.

Pour les centres d'appels, cette étude permet d'éviter de mettre en place des horaires qui n'atteindront pas le but recherché, soit le temps d'attente, et donc elle permettra de gagner du temps et de l'argent.

6.4 Avenues futures de recherche

Ces conclusions ouvrent la porte pour de futures recherches. Un modèle mathématique d'optimisation prenant en considération plusieurs contraintes telles que la masse salariale à respecter, les temps d'attente à atteindre, le nombre d'heures à travailler par semaine, etc., pourrait être construit. Il permettrait de déterminer le nombre optimal d'intervenants satisfaisant diverses contraintes complexes.

Il sera aussi possible de mettre en place une approche Lean pour améliorer les méthodes de la complétion de la fiche de tel façon que tout soit terminé au moment de terminer l'appel.

Finalement, étant donné que les centres d'appels d'Info-Santé 811 sont un peu partout au Québec, il serait intéressant d'élaborer un logiciel qui permettrait d'entrer les contraintes de chaque centre, de trouver le nombre optimal d'intervenants satisfaisant ces contraintes.

LISTE DES RÉFÉRENCES

- Aksin, Z., Armony, M. et Mehrotra, V. (2007). The modern call center: A multi-disciplinary perspective on operations management research. *Production and Operations Management*, 16(6), 665-688.
- Avramidis, A. N., Chan, W., Gendreau, M., L'Écuyer, P. et Pisacane, O. (2010). Optimizing daily agent scheduling in a multiskill call center. *European Journal of Operational Research*, 200(3), 822-832. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.01.042>
- Avramidis, A. N. et L'Écuyer, P. (2005, 4-7 Dec. 2005). *Modeling and simulation of call centers*. Communication présentée Proceedings of the Winter Simulation Conference, 2005. doi: 10.1109/WSC.2005.1574247
- Bhulai, S., Koole, G. et Pot, A. (2008). Simple methods for shift scheduling in multiskill call centers. *Manufacturing & Service Operations Management*, 10(3), 411-420.
- Bose, D. et Chatterjee, A. K. (2015). Specialized versus multi-skilled workforce: A newsboy approach for call centre resource planning. *Management and Labour Studies*, 40(3-4), 252-267. doi: 10.1177/0258042X15627076
- Cezik, M. T. et L'Écuyer, P. (2008). Staffing multiskill call centers via linear programming and simulation. *Management Science*, 54(2), 310-323.
- Cohen, Y. et Rozenes, S. (2017). *Improving operational measures in a financial institute call center: A case study*.
- Deb, S., Chowdhury, N. F. A. et Claudio, D. (2014). Service quality improvement in an it center: A simulation study. *IIE Annual Conference. Proceedings*, 1817-1825.
- Defraeye, M. et Van Nieuwenhuyse, I. (2016). Staffing and scheduling under nonstationary demand for service: A literature review. *Omega*, 58(Supplement C), 4-25.
- Dietz, D. C. (2011). Practical scheduling for call center operations. *Omega*, 39(5), 550-557. doi: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2010.12.001>

- Dileepan, P. et Ettkin, L. P. (2010). Not just for large companies: Benefits of simulation modeling for a small telephone call center. *Production and Inventory Management Journal*, 46(1), 54-63.
- Excoffier, M., Gicquel, C., Jouini, O. et Lisser, A. (2015) Comparison of stochastic programming approaches for staffing and scheduling call centers with uncertain demand forecasts. *Vol. 509. Communications in Computer and Information Science* (p. 140-156).
- Gans, N., Koole, G. et Mandelbaum, A. (2003). Telephone call centers: Tutorial, review, and research prospects. *Manufacturing & Service Operations Management*, 5(2), 79.
- Jongbloed, G. et Koole, G. (2001). Managing uncertainty in call centres using poisson mixtures. *Applied Stochastic Models in Business & Industry*, 17(4), 307-318. doi: 10.1002/asmb.444
- Jouini, O. et Dallery, Y. (2006). Estimating and announcing waiting times in multiple customer class call centers. *IFAC Proceedings Volumes*, 39(3), 371-376. doi: <https://doi.org/10.3182/20060517-3-FR-2903.00199>
- Kilinc Taskiran, G. et Zhang, X. (2017). Mathematical models and solution approach for cross-training staff scheduling at call centers. *Computers & Operations Research*, 87(Supplement C), 258-269.
- Koçağa, Y. L., Armony, M. et Ward, A. R. (2015). Staffing call centers with uncertain arrival rates and co-sourcing. *Production and Operations Management*, 24(7), 1101-1117. doi: doi:10.1111/poms.12332
- Lam, K. et Lau, R. S. M. (2004). A simulation approach to restructuring call centers. *Business Process Management Journal*, 10(4), 481-494.
- Legros, B., Jouini, O. et Dallery, Y. (2015). A flexible architecture for call centers with skill-based routing. *International Journal of Production Economics*, 159, 192-207. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.09.025>
- Legros, B., Jouini, O. et Koole, G. (2016). Optimal scheduling in call centers with a callback option. *Performance Evaluation*, 95, 1-40.

- Mattia, S., Rossi, F., Servilio, M. et Smriglio, S. (2017). Staffing and scheduling flexible call centers by two-stage robust optimization. *Omega*, 72(Supplement C), 25-37.
- Mazzuchi, T. A. et Wallace, R. B. (2004, 5-8 Dec. 2004). *Analyzing skill-based routing call centers using discrete-event simulation and design experiment*. Communication présentée Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference, 2004. doi: 10.1109/WSC.2004.1371534
- Mikaeili, M. (2017). *Integrated forecasting-simulation approach for workforce management of a call center in a large urban hospital*. (M.S., State University of New York at Binghamton). (1934358944)
- Ren, Z. J. et Zhou, Y.-P. (2008). Call center outsourcing: Coordinating staffing level and service quality. *Management Science*, 54(2), 369-383. doi: 10.1287/mnsc.1070.0820
- Robbins, T. R. (2007). *Managing service capacity under uncertainty*. (Ph.D., The Pennsylvania State University). Accessible par ProQuest Dissertations & Theses Global. (304823282)
- Robbins, T. R. et Harrison, T. P. (2010). A stochastic programming model for scheduling call centers with global service level agreements. *European Journal of Operational Research*, 207(3), 1608-1619.
- Roubos, A. et Jouini, O. (2013). Call centers with hyperexponential patience modeling. *International Journal of Production Economics*, 141(1), 307-315. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.08.011>
- Saltzman, R. M. et Mehrotra, V. (2001). A call center uses simulation to drive strategic change. *Interfaces*, 31(3), 87-101.
- Shen, H. et Z. Huang, J. (2008). *Interday forecasting and intraday updating of call center arrivals*.
- Soyer, R. et Tarimcilar, M. M. (2007). Modeling and analysis of call center arrival data: A bayesian approach. *Management Science*, 54(2), 266-278. doi: 10.1287/mnsc.1070.0776
- Tanaka, T. (2011). *Infusion chair scheduling algorithms based on bin-packing heuristics*. (M.S., State University of New York at Binghamton). (896297118)

- Vuthipadadon, S. (2009). *Scheduling inbound calls in call centers*. (Ph.D., Iowa State University). (304905322)
- Weinberg, J., Brown, L. D. et Stroud, J. R. (2007). Bayesian forecasting of an inhomogeneous poisson process with applications to call center data. *Journal of the American Statistical Association*, 102(480), 1185-1198. doi: 10.1198/016214506000001455
- Zan, J., Hasenbein, J. J., Morton, D. P. et Mehrotra, V. (2018). Staffing call centers under arrival-rate uncertainty with bayesian updates. *Operations Research Letters*, 46(4), 379-384. doi: <https://doi.org/10.1016/j.orl.2018.04.003>

ANNEXE 1 : MODÉLISATION DES PROCESSUS

A1.1 Modélisation du jour de la semaine

Dans le modèle de simulation, les disponibilités des ressources sont entrées dans *schedule*. Pour permettre le changement des ressources selon les horaires mis en place et sans l'intervention humaine, il fallait développer un bloc qui simulera une semaine de travail. Ce bloc renvoie un signal au module de la période de la journée à chaque bloc de 15 minutes. Ce module se remet à zéro à la fin de la semaine. Il permet donc de savoir à quelle journée est rendue la simulation (Figure A1.1: Modélisation du jour de la semaine).

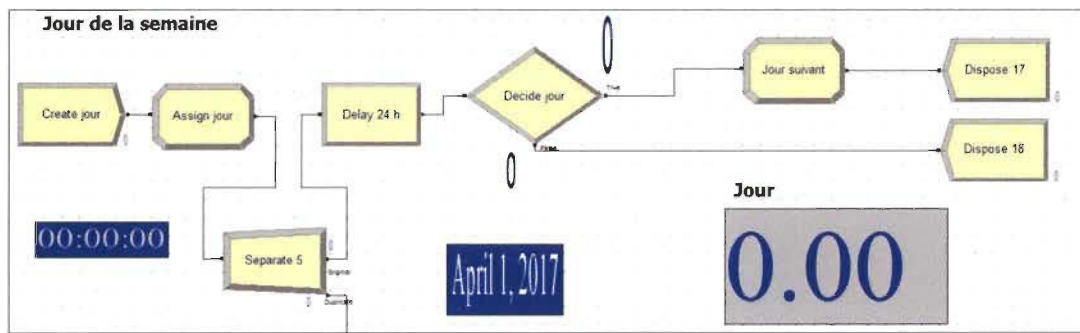


Figure A1.1: Modélisation du jour de la semaine

A1.2 Modélisation de la période la journée

La

Figure A1.2 : Modélisation de la période la journée présente le module qui permet de contrôler les *schedule* mis en place par blocs de 15 minutes. Ce module attend un signal du module *jour de la semaine* pour passer d'un bloc horaire au suivant. Il est remis à zéro une fois les 96 blocs horaires atteints (24 heures par jour * 4 blocs horaire de 15 minutes). Un afficheur permet à l'utilisateur de savoir à quelle période de la journée la simulation est rendue.

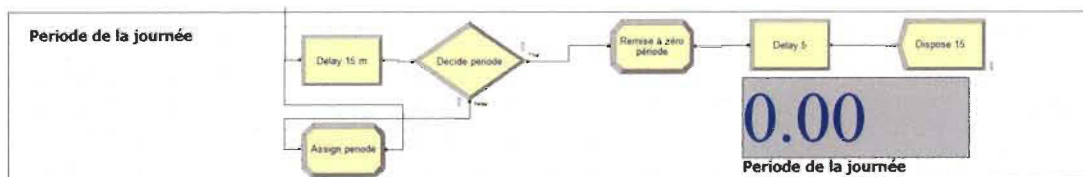


Figure A1.2 : Modélisation de la période la journée

A1.3 Modélisation des appels entrant de la clientèle enregistrée

La Figure A1.3 : Modélisation des appels entrant de la clientèle enregistrée modélise les appels entrant de la clientèle enregistrée. Ces appels arrivent suivant le nombre d'appels reçus réellement par bloc d'une heure. Le module *assign* attribue à ces appels des informations sur le type d'appel, la durée de l'appel et la durée de la complétion de la fiche. Pour des fins de vérification, le module *record* enregistre chaque durée d'appel et de complétion de fiche pour vérifier si, à la fin de la simulation, ces données concordent avec la réalité. Le module *decide* permet l'acheminement de l'appel à l'ASI ou à l'infirmière selon leur disponibilité.

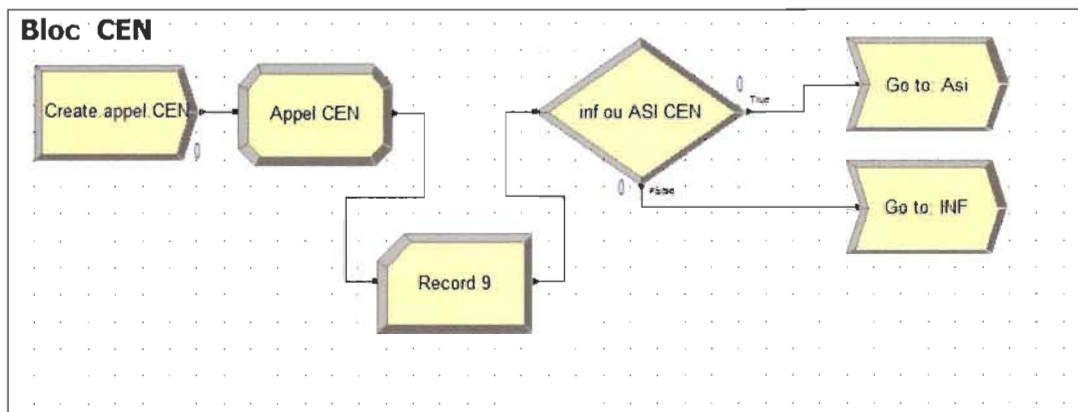


Figure A1.3 : Modélisation des appels entrant de la clientèle enregistrée

A1.4 Modélisation des appels entrant Santé

La Figure A1.4 : Modèle des appels entrant Santé modélise les appels d'Info-Santé entrant répondus réellement en une heure. Le module *assign* permet d'attribuer à l'appel entrant des informations relatives au type d'appel, à la durée de l'appel et à la complétion de la fiche. Quant au module *record*, il permet d'enregistrer les données attribuées à la durée de l'appel et de la complétion de la fiche pour vérifier si elles sont représentatives de la réalité. Le module *decide* permet l'acheminement de l'appel aux infirmières ou à l'ASI, dépendamment de la période de la journée et de leur disponibilité, ou vers le module *hold* qui permettra de retenir l'appel jusqu'à la libération d'une ressource.

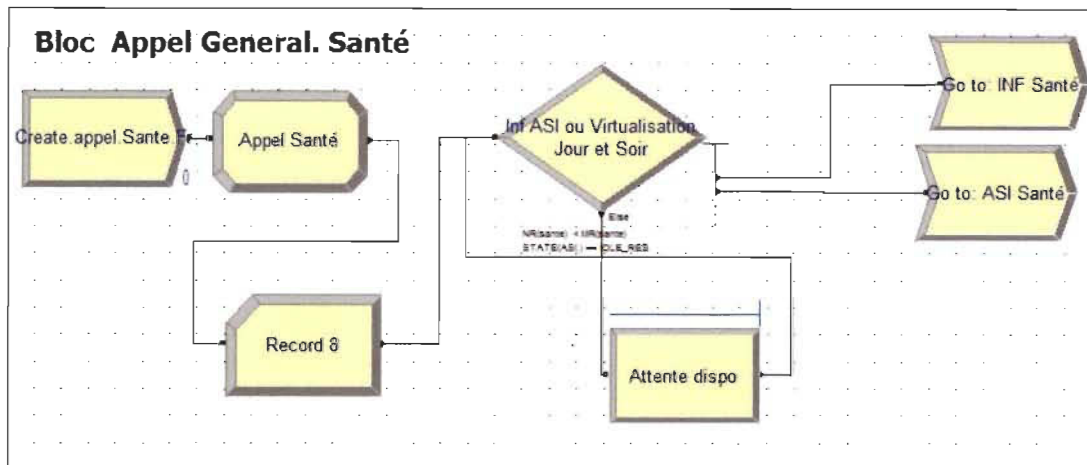


Figure A1.4 : Modèle des appels entrant Santé

A1.5 Modélisation des appels entrant Crise

La Figure A1.5 : Modèle des appels Info-Social de type Crise modélise les appels entrant d'Info-Social de type crise. Ces appels arrivent par blocs d'une heure. Le module *assign* attribue à chaque appel un type, une durée d'appel et une priorité. Le module *decide* achemine l'appel selon la disponibilité des intervenants sociaux ou des infirmières.

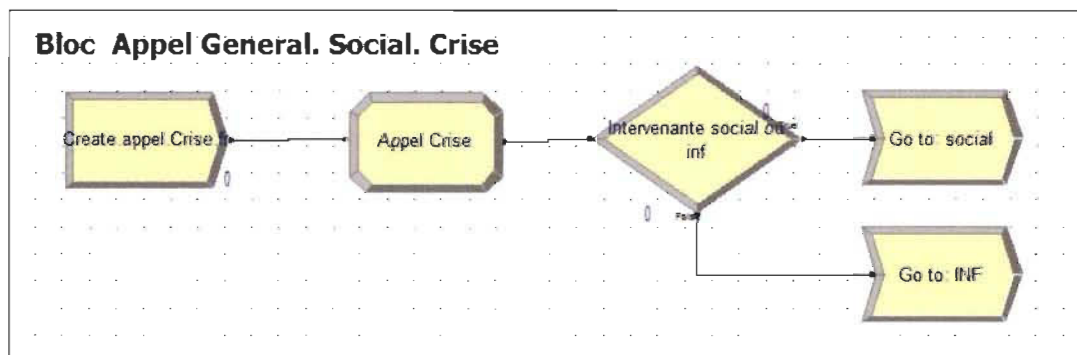


Figure A1.5 : Modèle des appels Info-Social de type Crise

A1.6 Modélisation des appels entrant Info

La Figure A1.6 : Modèle des appels Info-Social de type Info modélise les appels entrant d'Info-Social de type Info par bloc d'une heure. Le module *assign* leur attribue des informations relatives à leur type ainsi qu'à la durée de l'appel. L'appel est acheminé vers les intervenants sociaux.

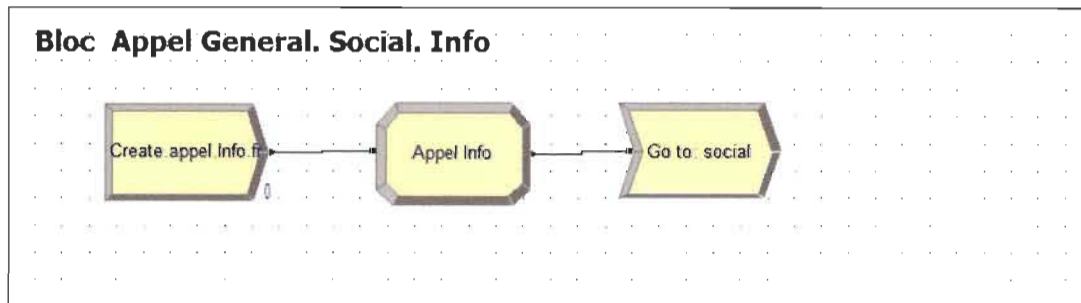


Figure A1.6 : Modèle des appels Info-Social de type Info

A1.7 Modélisation des appels Partenaire entrant

La Figure A1.7 : Modèle des appels partenaires entrants représente le module des appels partenaires entrants. Ces appels arrivent par bloc d'une heure. Le module *assign* leur attribue un type et une durée d'appel. Le module *decide* vérifie la disponibilité des ressources. Si aucune des ressources n'est disponible, l'appel est alors acheminé vers le module *hold* qui retiendra l'appel jusqu'à la libération d'une ressource.

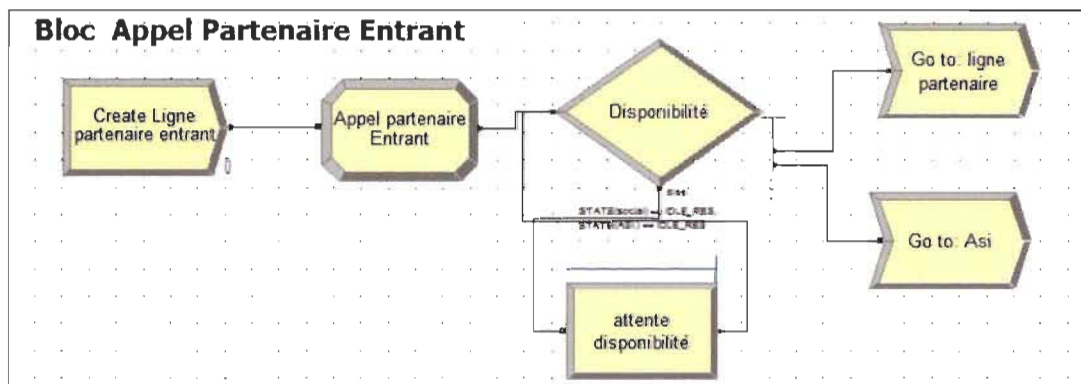


Figure A1.7 : Modèle des appels partenaires entrants

A1.8 Modélisation des appels Partenaire sortant

La Figure A1.8 : Modèle des appels partenaires sortants représente le module création des appels partenaires sortants. Ces appels sont créés à partir du nombre d'appels reçus réellement par bloc d'une heure.

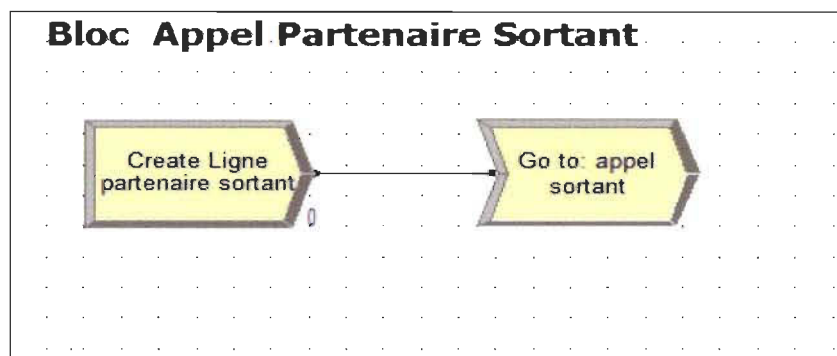


Figure A1.8 : Modèle des appels partenaires sortants

A1.9 Modélisation du bloc ASI

La Figure A1.9 : Modèle des appels répondus par l'ASI présente le cheminement des appels entrant répondus par l'ASI. Le module *decide* achemine l'appel de deux manières : si c'est un appel Info-Santé clientèle enregistrée ou un appel Info-Santé clientèle générale le soir, l'ASI répond à l'appel par le biais du module *Appel ASI*. Par la suite, le module *separate1* permet de dupliquer l'appel. L'entité originale est gardée pour retenir la ressource pour la complétion de la fiche. Une fois la fiche complétée, la ressource est relâchée dans le module *Fin appel ASI*. L'entité est par la suite détruite. La copie de l'appel est envoyée vers le bloc de triage des appels. Si l'appel est en provenance des partenaires, le module *decide* l'achemine vers le bloc de la ligne partenaire. L'ASI communique avec le partenaire par le biais du module *Delay 8*.

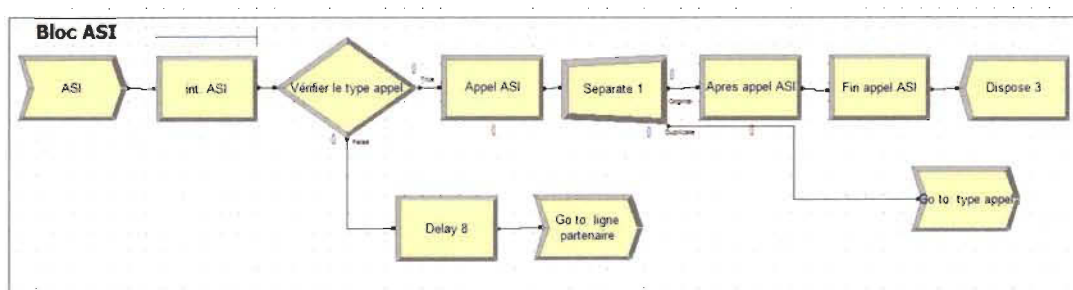


Figure A1.9 : Modèle des appels répondus par l'ASI

A1.10 Modélisation du bloc Infirmières

La Figure A1.10 : Modèle des appels répondus par les infirmières traite des appels répondus par l'infirmière. Une ressource est attribuée à un appel par le biais du module *infirmiere*. Le module *decide* achemine les appels Info-Social de type crise vers le bloc priorité. Si l'appel est de type

Info-Santé, l'appel est répondu dans le module *Appel Inf*. L'appel est, par la suite, dupliqué dans le module *Separate2*. La copie originale est acheminée vers la complétion de la fiche. Une fois cette étape terminée, la ressource est relâchée et redevient disponible. La copie de l'appel est acheminée vers le bloc de triage.

Pour des fins de vérification, deux afficheurs sont disponibles pour indiquer le nombre de ressources disponibles en cette période de la journée (inf. Dispo) et celles qui sont occupées à répondre aux appels.

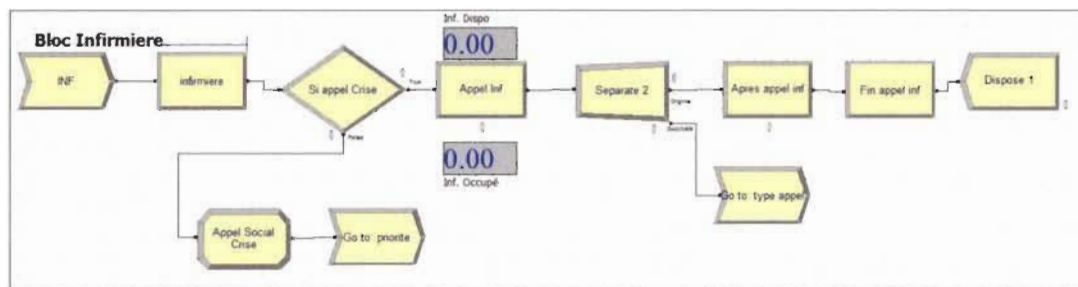


Figure A1.10 : Modèle des appels répondus par les infirmières

A1.11 Modélisation du bloc Priorité

Le bloc *priorité appel crise*, présenté dans la Figure A1.11 : Modèle des appels Info-Social de type crise répondus par les infirmières, permet à une infirmière d'attribuer une priorité à un appel Info-Social de type crise. À des fins de vérification, le module *décide* permet l'acheminement des appels selon leur priorité vers un module *assign*. Par la suite, la ressource est libérée et l'appel est acheminé, selon la gravité de la situation, vers la file d'attente des appels sociaux.

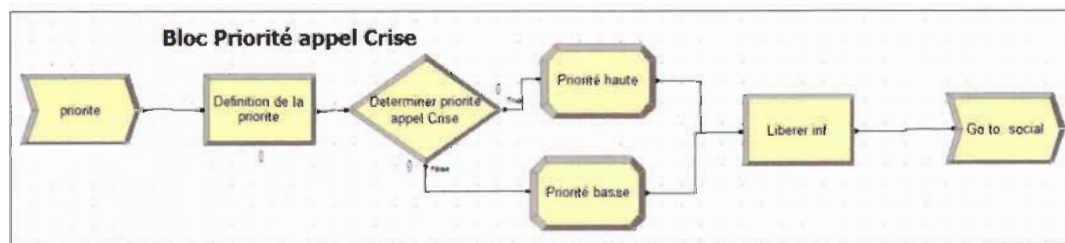


Figure A1.11 : Modèle des appels Info-Social de type crise répondus par les infirmières

A1.12 Modélisation du bloc appels sociaux

La Figure A1.12 : Modèle des appels répondus par les intervenant sociaux présente le modèle concernant les appels Info-Social de type crise répondus par les intervenants sociaux. Ces appels sont acheminés par l'infirmière qui a répondu à l'appel et qui a déterminé son degré d'urgence, directement lors de la création d'appels. Le module *Int. Social* attribue une ressource à l'appel. Le module *assign* permet de calculer le temps d'attente et de l'attribuer à ce dernier. Une fois l'appel répondu, la ressource est libérée par le biais du module *fin appel*. L'appel est par la suite acheminé vers le bloc de triage des appels.

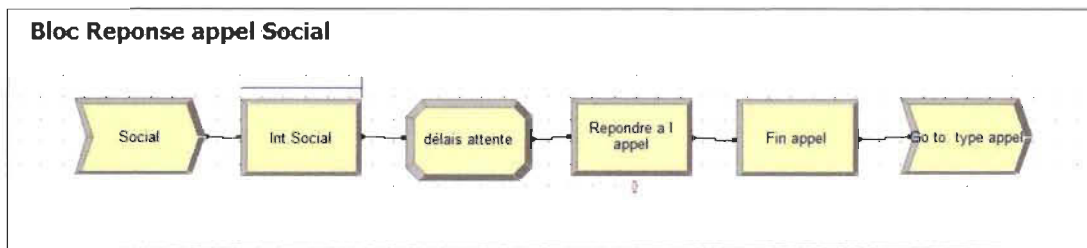


Figure A1.12 : Modèle des appels répondus par les intervenant sociaux

A1.13 Modélisation du bloc réponse appel Partenaire entrant

La Figure A1.13 : Modèle de réponse aux appels partenaires entrant présente la modélisation des appels partenaires lorsqu'ils sont répondus par l'ASI. L'appel est acheminé par le biais du module *decide* et selon l'urgence de la situation, vers un intervenant social ou vers la prise en note du message à faire parvenir pour que l'intervenant social rappelle à la fin de l'appel actuel et s'il n'y a pas d'autres appels en attente.

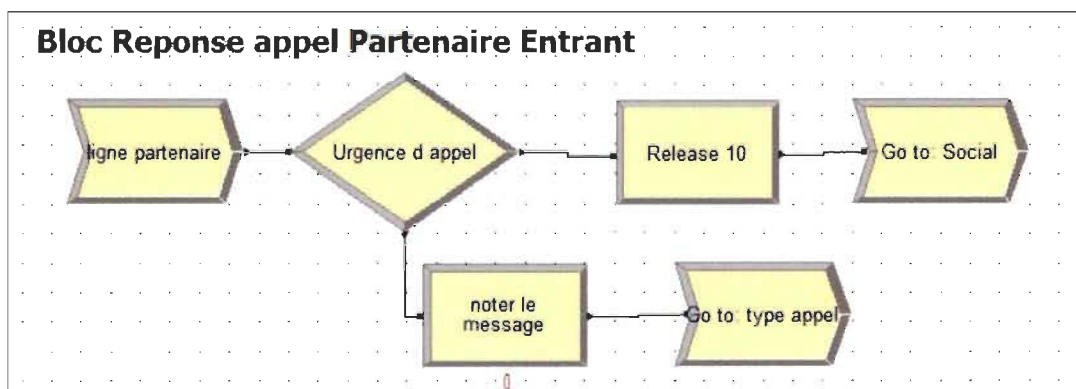


Figure A1.13 : Modèle de réponse aux appels partenaires entrant

A1.14 Modélisation du bloc appel Partenaire sortant

La Figure A1.14 : Modèle de réponses aux appels partenaires sortants modélise le cheminement des appels sortant. Les appels sont créés dans le module initial. Ils sont maintenus dans une file d'attente via le module *Int. Social sortant*. On attribue l'appel à une ressource disponible par l'intermédiaire du même module. Le module *assign* permet d'attribuer un type et une durée d'appel. L'appel est passé une fois qu'un intervenant est disponible et que l'appel passe par le module *faire des appels*. Une fois l'appel terminé, la ressource est libérée par le biais du module *Fin appel sortant*. L'appel est ensuite acheminé vers le module de triage.

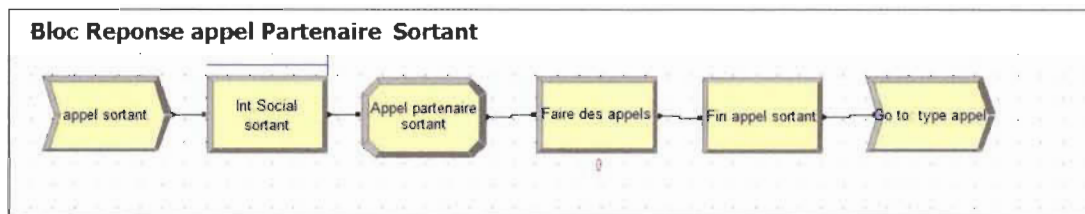


Figure A1.14 : Modèle de réponses aux appels partenaires sortants

A1.15 Modélisation du bloc triage d'appel

Le bloc triage permet d'acheminer les appels vers leur destination sur la base du type d'appels (Figure A1.15 : Modèle triage des appels). Le module *decide* vérifie l'information relative au type d'appel pour, par la suite, l'envoyer vers le module approprié.

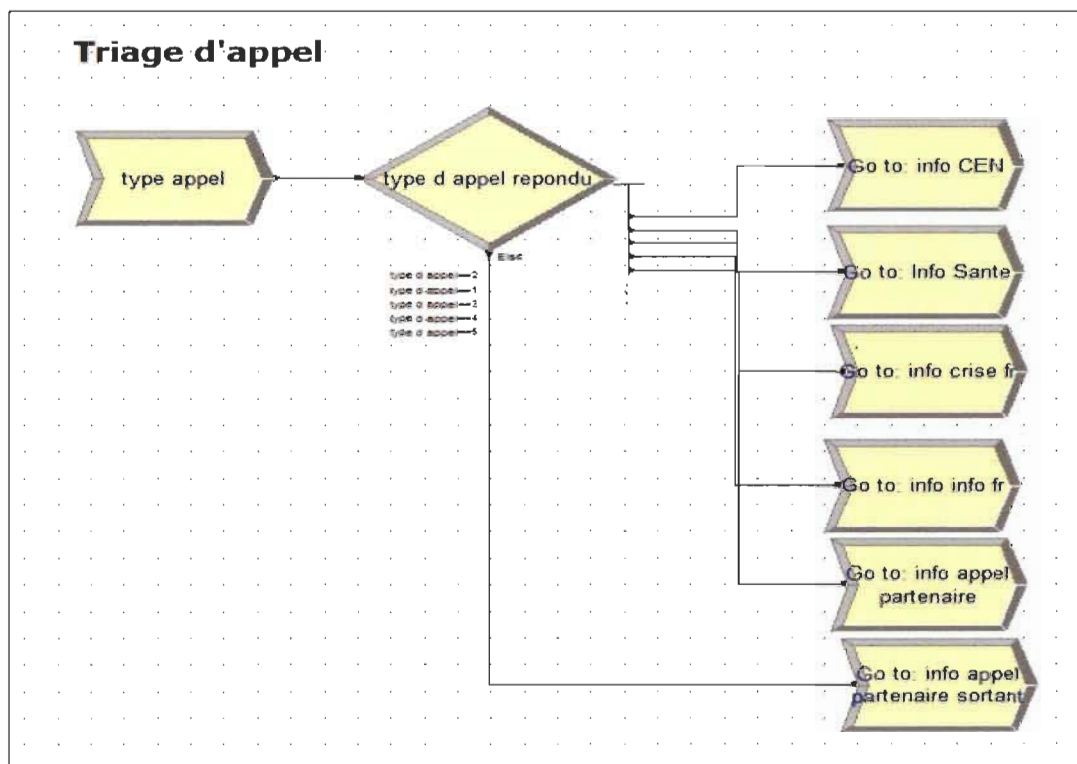


Figure A1.15 : Modèle triage des appels

A1.16 Modélisation du bloc compteurs et durées d'appels

Une fois le triage des appels effectué, ils sont acheminés vers un bloc qui permet de collecter des informations relatives au temps passé par les appels dans le modèle de simulation et aux temps d'attente (Figure A1.16 : Modèle compteurs et durées des appels). Ce bloc permet aussi de comptabiliser tous les appels qui sont répondus et complétés. Un appel est considéré comme finalisé si l'infirmière a répondu aux attentes du client, que l'appel est terminé et qu'une fiche client a été rédigée. Les compteurs permettent de vérifier si les appels répondus et finalisés sont représentatifs de la situation actuelle.

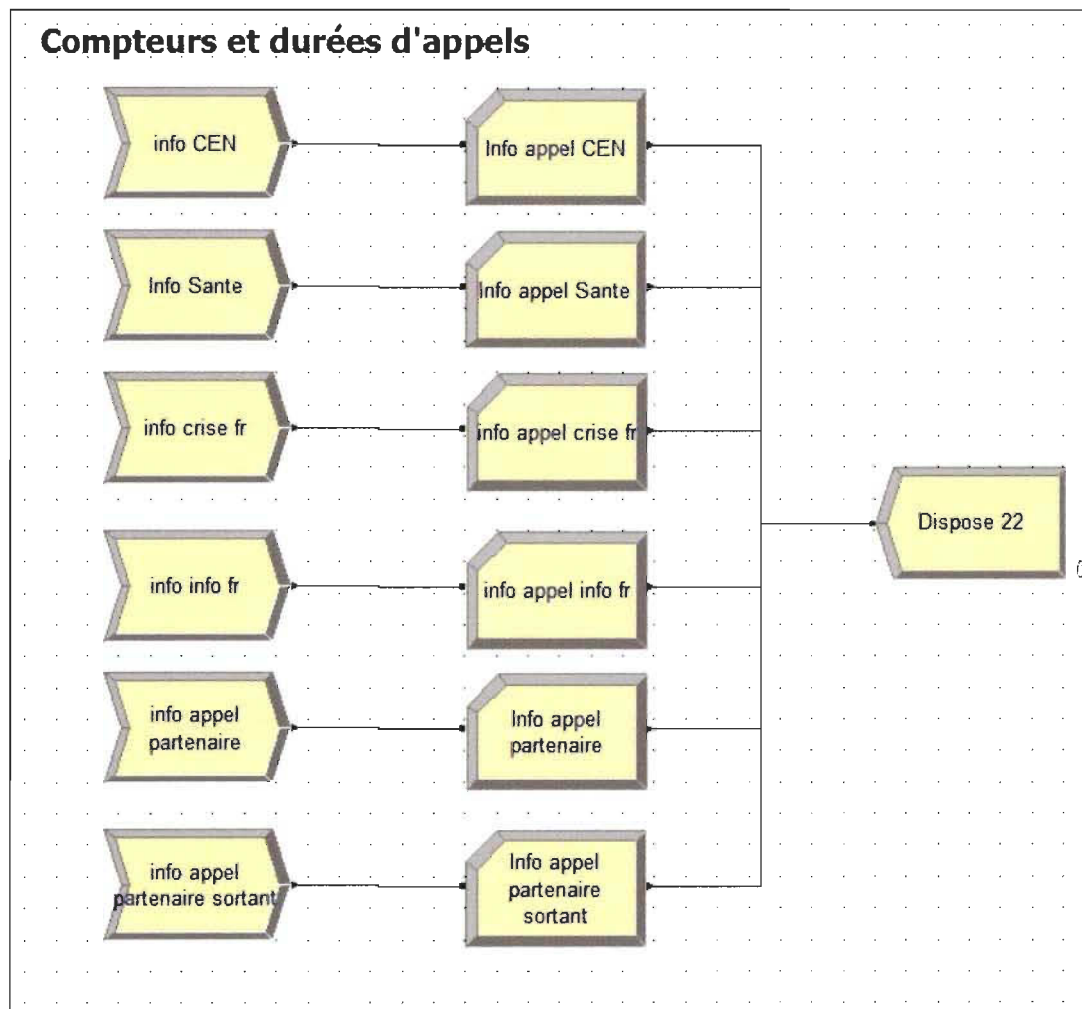


Figure A1.16 : Modèle compteurs et durées des appels

ANNEXE 2 : ANALYSE DES DONNÉES RÉSIDUELLES EN CONSIDÉRANT LES TEMPS DE COMPLÉTION DE FICHE NULS LORS DE LA COMPLÉTION DE LA FICHE

Des tests graphiques permettent de confirmer la représentativité du modèle de simulation. Les données résiduelles sont la différence entre une donnée et la moyenne de ces données. Dans le cadre de ce projet, c'est le temps d'attente et la moyenne de l'ensemble des temps d'attente qui sont considérés. L'histogramme viendra confirmer que les valeurs résiduelles sont symétriques et ne contiennent pas de valeurs aberrantes. La droite d'Henry vient confirmer que les valeurs résiduelles sont normalement distribuées. La Figure A2.1 : Histogramme des valeurs résiduelles montre que les valeurs ne sont pas aberrantes. Pour la Figure A2.2 : Droite d'Henry des valeurs résiduelles, les données sont adjacentes à la droite et présentes presque identiquement des deux parts de la droite. En plus, cette figure démontre la distribution des valeurs résiduelles se rapproche de la forme d'une courbe normale.

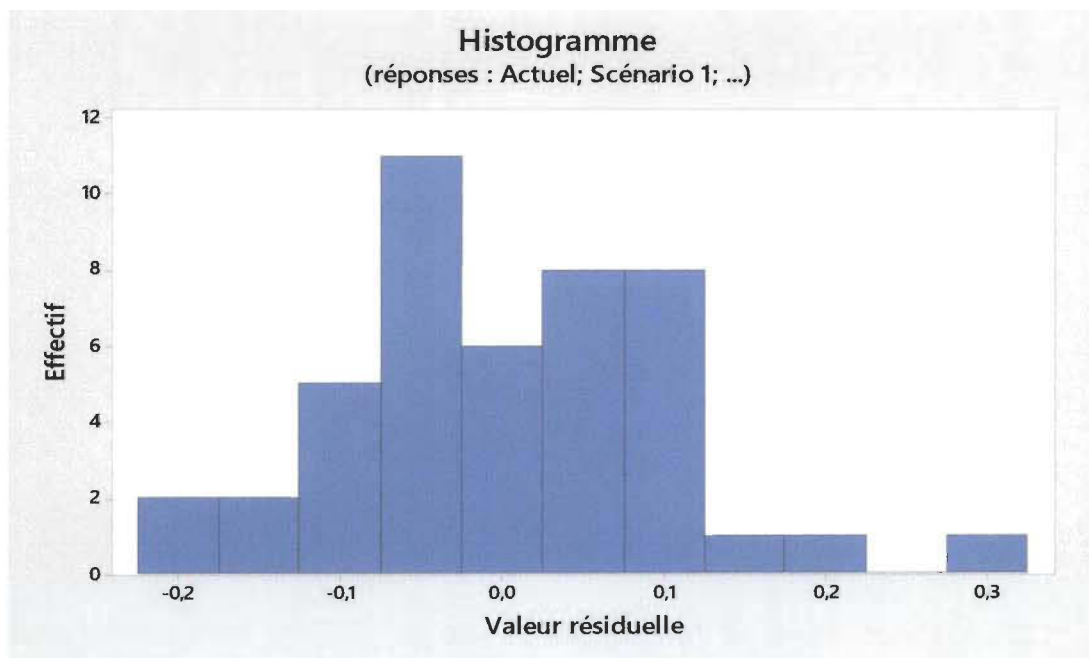


Figure A2.1 : Histogramme des valeurs résiduelles

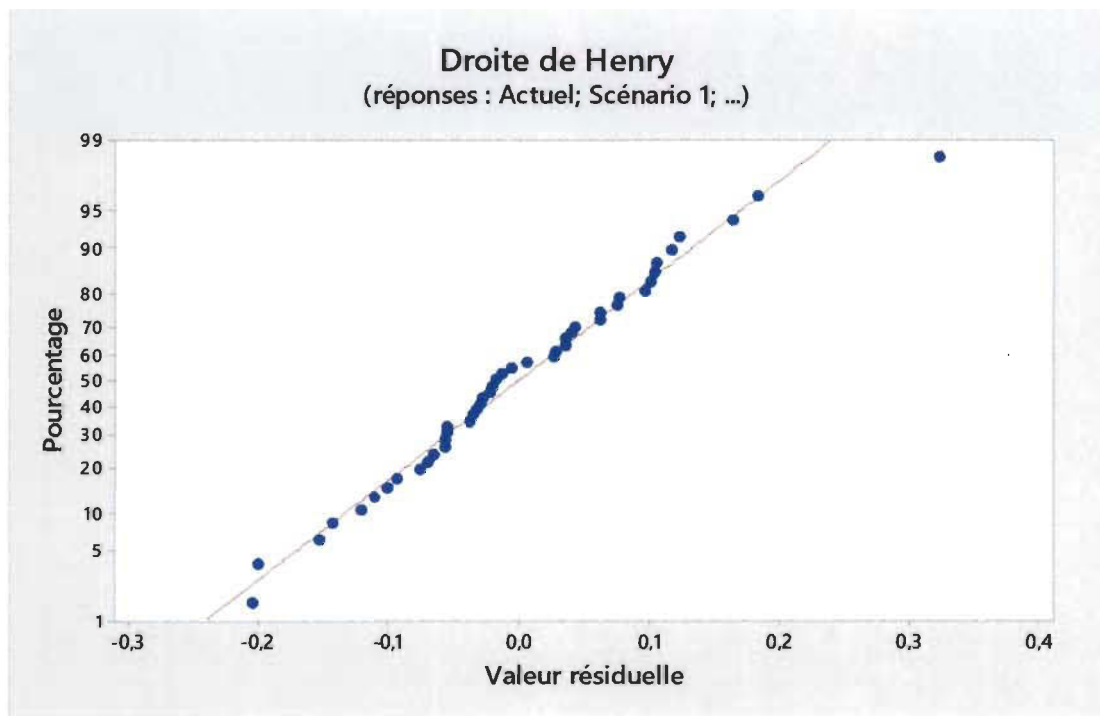


Figure A2.2 : Droite d'Henry des valeurs résiduelles

ANNEXE 3 : ANALYSE DES DONNÉES RÉSIDUELLES EN CONSIDÉRANT LES TEMPS DE COMPLÉTION DE FICHE NULS

La Figure A3.1 : Histogramme des valeurs résiduelles confirme que nos données sont presque symétriques par rapport à l'origine et ne présentent pas de grandes différences. La Figure A3.2 : Droite d'Henry des valeurs résiduelles démontre que nos données sont dispersées normalement aux alentours de la droite d'Henry.

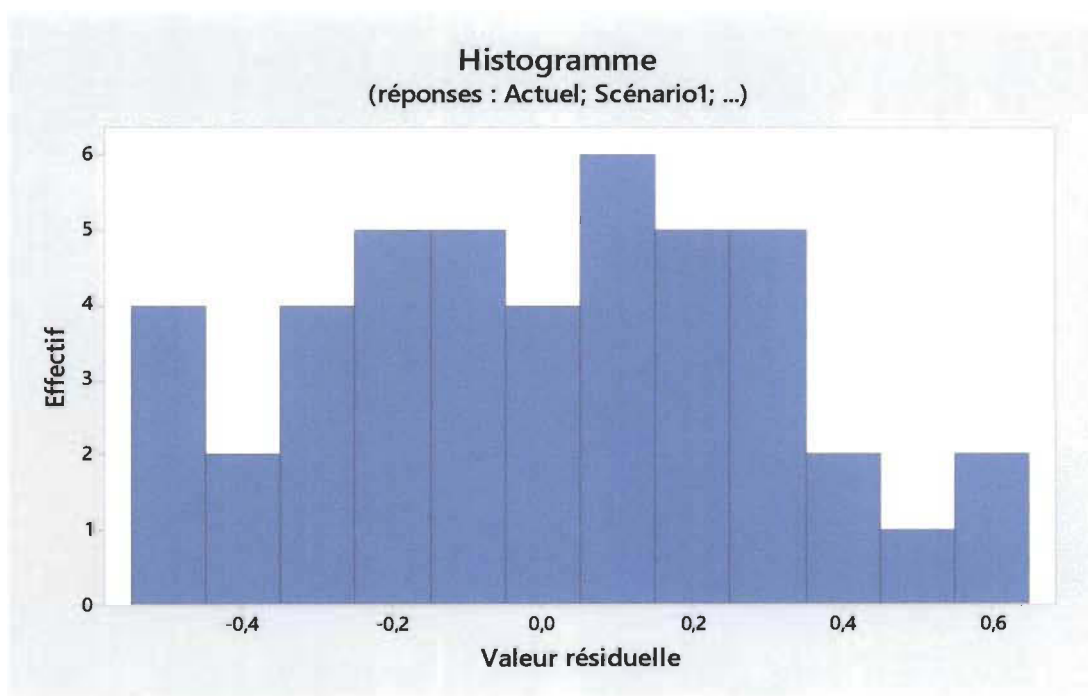


Figure A3.1 : Histogramme des valeurs résiduelles

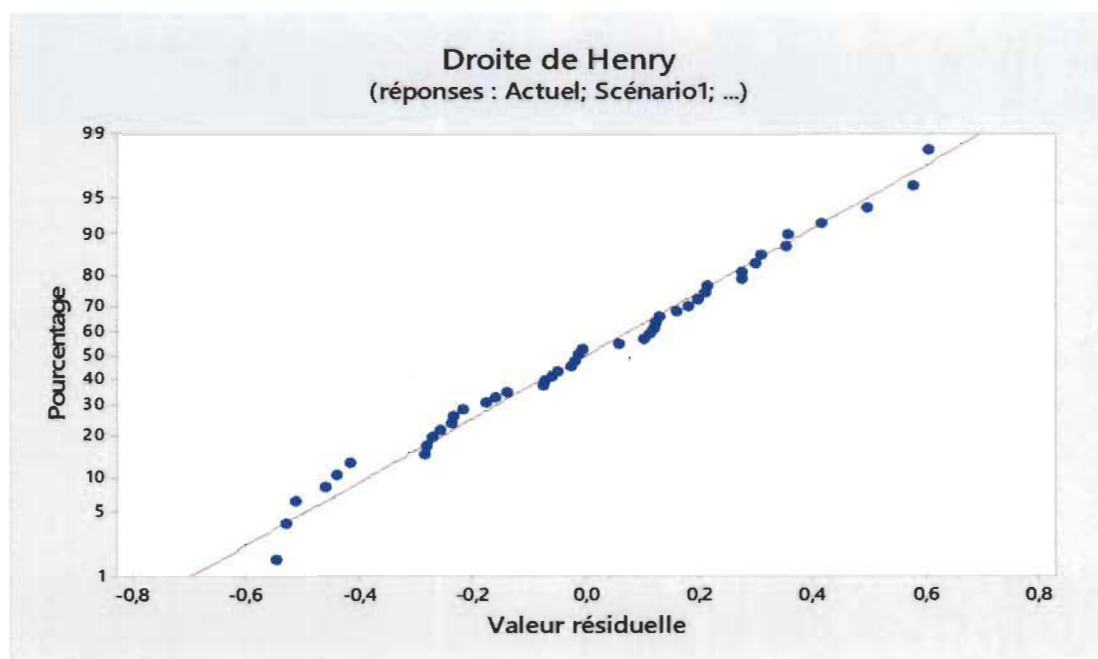


Figure A3.2 : Droite d'Henry des valeurs résiduelles